PROCEEDING BOOK

EGE 12. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

İZMİR
26 - 30 ARALIK 2024

EGE
12. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



EGE
12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 26-30, 2024
Izmir

Cilt 2

ISBN : 978-625-5962-10-2
Academy Global Publishing House

EGE 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 26-30, 2024
IZMIR

Edited By
PROF. DR. HÜLYA ÇİÇEK

CONGRESS ORGANIZING BOARD
Head of Conference: *Prof. Dr. Hülya Çiçek*
Prof. Dr. Ali Bilgili
Prof. Dr. Naile Bilgili
Prof. Dr. Başak Hanedan
Prof. Dr. Hajar Huseynova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo
Prof. Zain Musa
Prof. Dr. Sameer Jain
Prof Yakup Babayev
Prof. Dr. Suyatno
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran
Assoc. Prof. Dody Hartanto
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade
Dr. Dadash Mehravari
Dr. Gültekin Gürçay
Aynurə Əliyeva
Khorram Manafidizaji

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global–2024 ©

CONFERENCE ID

EGE
12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
DECEMBER 26- 30, 2024
IZMIR

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES& JOURNALS

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – Azebaijan- Malaysia – Nigeria- Serbia - South Africa. - Thailand – Lebanon – China - Israel – Qatar - Saudi Arabia - Kuwait - USA – UAE – Korea – Cyprus – Mauritius – Kazakhstan-Greece – Romania - India - Indonesia - Czech Republic – Pakistan – Libya – Almaty – Singapore – Portugal – Ireland – Taiwan – Russia – Switzerland – Spain – Hungary – Slovenia - México, - Cape Tow – Croatia - Tanzania. – Brazil - Senegal – Sweden – Czech Republic – Poland -

PRESENTATION
Oral presentation

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 321 papers have been presented by participants from Turkey and 389 papers by foreign participants
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

LANGUAGES
Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Issued: 31.12.2024
ISBN: 978-625-5962-10-2

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BILGILI – Turkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Turkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Turkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Turkiye
Prof Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – Turkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBIGI – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Turkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Turkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Turkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Turkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Turkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Turkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDIBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Turkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi

Sayı : E-98102723-903.07-475454
Konu : Görevlendirme Talebi

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İlgi : 27.03.2024 tarihli ve E--903.07-474236 sayılı yazı

Fakültemiz Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı'nda görevli öğretim üyesi Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK'in Yükseköğretim Genel Kurulunun 15.06.2023 tarihli, 10 sayılı oturumunda alınan 2023.10.183 sayılı kararı gereğince Doçentlik Başvuru Şartlarında bulunan ve doçent olacak adaylardan istenen "Diğer uluslararası/ ulusal bilimsel toplantının düzenleme komitesinde resmi olarak görevlendirilmiş üniversite akademisyen temsilcisi bulunması zorunludur." maddesi gereğince, Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz ve yevmiyesiz olarak görevlendirilme talebi ile ilgili dilekçesi ekte gönderilmiştir

Adı geçen öğretim üyesinin Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz, yevmiyesiz olarak görevlendirilmesinde Dekanlığımızca bir sakınca bulunmamaktadır.

Onaylarınıza arz ederim

Prof.Dr. Şevki Hakan EREN
Dekan

OLUR

Prof.Dr. Arif ÖZAYDIN
Rektör

Ek:İlgi Dilekçe (1 Adet)

Dağıtım:
Gereği:
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Başkanlığı

Bilgi:
Sayın Prof.Dr. Hülya ÇİÇEK

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : *BSFN3RR3CF* Pin Kodu : 27962 Belge Takip Adresi : https://turkiye.gov.tr/gaziantep-universitesi-ebys

Adres : Gaziantep Üniversitesi Kampus Alanı, Tıp Fakültesi Dekanlığı, Şehitkamil - 27310 - GAZİANTEP
Telefon : 0 (342) 360 60 60 Faks:0 (342) 360 16 17
e-Posta : tipfaksek@gmail.com Web : www.gantep.edu.tr/~tipdekanlik/bilgipaketi
Kep Adresi : gauntipdek@hs01.kep.tr

Bilgi için : Hüseyin Temel
Unvanı : Bilgisayar İşletmeni V.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PLANTING DESIGN APPROACHES FOR ROUNDABOUTS

Prof. Dr. Nilgün GÜNEROĞLU
Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture
nayhan@ktu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0825-0405

ABSTRACT

Today's cities, growing with increasing population, urbanization and industrialization, need strong grey infrastructure systems for sustainable living and efficient functioning. Gray infrastructures, which refer to man-made elements such as roads, bridges, sewers and power lines, form the basis of urban life. Transportation axes, which constitute an important part of gray infrastructure systems, play a vital role in the social, economic and environmental dynamics of a city. While a well-planned and effective transportation system improves the quality of urban life, an inadequate or irregular transportation infrastructure leads to traffic congestion, environmental pollution and economic losses. Especially roundabouts with high traffic density, where vehicles coming from different directions converge, stand out as critical points to optimize traffic flow, prevent accidents and ensure that drivers travel safely. For this reason, roundabouts zones should be designed and planned in accordance with their purpose. However, roundabouts should be evaluated not only in terms of functionality, but also in terms of their aesthetic and environmental dimensions, and should be considered as an important element of the urban landscape. Because roundabouts, just like streets and refuges, are among the important elements that strengthen the identity of the city and contribute to the quality of life. Planting designs for roundabouts should be planned with a multifaceted approach that considers aesthetic, environmental and economic balances. For these reasons, different planting designs were recommended and evaluated as an example of roundabout landscaping in this study. It has been evaluated that designing the roundabout with different landscape approaches can create various messages and emphases, from functionality to aesthetics, from environmental awareness to cultural identity.

Keywords : Transportation, Roundabout, Identity, Planting Design

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Urban identity is a mental representation formed by the general visual, social and cultural characteristics of a city perceived by those who use that city. This concept is shaped by a city's identity, symbols, spatial layout, historical texture and atmosphere (Güneroğlu & Bekar, 2017). In Kevin Lynch's book The Image of the City, he focused on physical relationships and introduced the elements of road, edge, region, node and sign, which are the spatial determinants of the image (Lynch, 1981). One of these five elements, roads, main streets, alleys and passages in the city are the basic elements of movement and access. In addition to these, the identity of a city is also affected by the ease of access to that city, access opportunities and the experiences experienced in this process. Transport infrastructure is also one of the main elements that determine the economic, touristic and social dynamics of cities. A well-planned and accessible transport network increases interest in a city. Especially the modernity, cleanliness and efficiency of the main transport hubs such as airports, bus terminals and railway stations have a great impact on the first impressions of visitors about a city. In addition, the user-friendliness of public transport systems, their sensitivity to the environment and their support with technological innovations provide an advantage for city residents and visitors. Subways, trams, bicycle paths and pedestrian-friendly areas create a positive image if cities adopt a sustainable transport approach. On the other hand, problems such as traffic congestion, old and inadequate transport network can lead to negative perceptions of a city. This situation reduces the quality of life for both locals and visitors and damages the identity of the city. The transport infrastructure of a city is important not only in terms of functionality, but also in terms of aesthetic and environmental values. Landscape design plays a critical role in these areas, especially since roads form the first impressions of cities (Güneroğlu et al., 2019). In this context, landscape designs surrounding roads and connection points are among the important elements that strengthen the identity of a city. Road landscapes that include modern, regular and natural elements are valuable in terms of both aesthetics and environmental sustainability and help the city to draw an environmentally friendly image (Fukahori & Kubota 2003; Wey & Wei 2016). Plants used on roadsides, medians and roundabouts can help reduce carbon emissions and improve air quality in cities. In addition, plant species with water-retaining properties and permeable surfaces can be effective in the management of rainwater and contribute to making cities more resilient to natural disasters such as floods (Aklıbaşında & Erdoğan, 2016).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Roundabouts, which are an important part of roads, play a key role in regulating vehicle traffic and ensuring a safe flow (Figure 1). These areas, where traffic coming from different directions converge and are directed, are critical points where drivers need to make decisions. A well-planned roundabout reduces traffic density and contributes to the prevention of accidents. However, not only the functionality but also the aesthetic and environmental effects of roundabouts where visibility and attention increase should be taken into consideration (Yetim & Yıldırım, 2022). Because roundabouts are one of the important green areas of cities (Macioszek, 2022). At this point, planting works at roundabouts gain importance in terms of both environmental sustainability and aesthetic value. In roundabout planting, both safety and aesthetic elements should be considered together (Sağlık et al., 2020). While aesthetic elements are prioritised in design, it should not be forgotten that plants can play a functional role such as directing traffic.



Figure 1. Visuals of roundabouts (A:URL-1, B:URL-2)

It is important that the vegetation used at junctions does not obstruct the drivers' field of vision for safety purposes. In particular, low height vegetation should be preferred instead of dense tall trees and shrubs. The use of colourful plants at the beginning of a particular roundabout arm provides correct orientation to drivers (Sağtekin, 2020). Dense and prominent plant arrangements in the centre of roundabouts help drivers to perceive the turning path more easily. The use of effective flower and leaf colours in plant design creates an aesthetic focus at roundabouts. Patterns designed with calming colours such as green and blue can reduce the stress of drivers. Stimulating colours such as red and yellow can create awareness by attracting drivers' attention. Patterns created with bright and contrasting colours attract drivers' attention and encourage them to reduce their speed and reduce the risk of accidents. In junction planting created by using the form effect of plants, prominent forms can increase the attention of drivers

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

by creating a sense of obstacle in their subconscious. In addition, natural forms emphasise comfort and artificial forms emphasise mobility and dynamism in junction planting. The clear and regular geometric patterns that make up the design provide visual guidance for drivers. These patterns can regulate traffic flow by clarifying the entry and exit points of roundabouts. Contemporary designs such as straight lines, sharp turns or undulating shapes can give cities a modern identity. Swirling or spiralling patterns in the centre of an roundabout can help drivers naturally reduce their speed. Plants can also create visual barriers in roundabout designs that encourage drivers to reduce their speed. In addition, fruiting and coniferous plant species should not be used at roundabouts as they can distract drivers and make the road slippery. Different design patterns used at roundabouts can create important messages and emphasis in various areas such as functionality, aesthetics, traffic safety and environmental sustainability. The colour, form, texture and layout characteristics of the patterns not only provide visual appeal, but can also carry functional and symbolic meanings for the region in which the roundabout is located. Sculptures, reliefs or planting patterns with architectural or cultural motifs specific to the region can be used at roundabout centres. In addition, themes that emphasise the historical, geographical or economic characteristics of the region can be selected for these centres.

For these reasons, planting designs with different concepts were created in a roundabout example in this study. It was evaluated that these designs can create various messages and emphases from functionality to aesthetics, from environmental awareness to cultural identity.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1.Study area

A roundabout used to regulate traffic and ensure safe vehicular flow is selected as the study area. Roundabouts are usually designed to direct vehicular traffic around an islet. The central island of the selected roundabout is 2,800 m² and is formed by the roundabout of four roads (Figure 2). In the given roundabout, it is aimed to make the planting project of the green areas on the borders of the central island, landscaping buffer, splitter island and sidewalks in 1/1000 scale. The planting designs were realized by taking into account the different design features of the plants and the combination of plants according to different design principles. In addition, considering the area where the roundabout is located, design elements that can be identity elements such as water and plastic objects were used. Autocad and Photoshop programs were used for the planting designs.

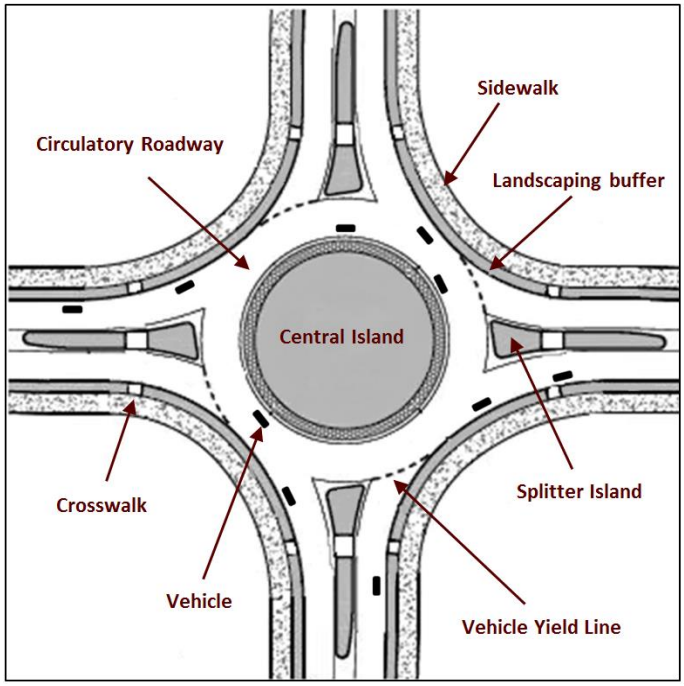


Figure 2. Study area (Çakıcı, 2014; Bozkurt & Yılmaz, 2020).

3. DESIGN SUGGESTIONS

3.1.Design suggestion 1

The first design suggestion was created by considering the leaf colors and sizes of the plants (Figure 3). On the roadsides, *Platanus orientalis* was used in intermittent repetitions as a solitary plant for emphasis in the middle of the alley and roundabout. *Acer rubrum* was used in splitter island areas, *Juniperus horizontalis* and *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea' species were used in groups to create effective color and form at the roundabout and roadsides. In the landscaping buffer, *Ligustrum vulgare* was pruned and used as a border element. This boundary element guides both drivers and pedestrians and provides pedestrians with a comfortable, safe and aesthetic walking environment separated from vehicle traffic. In order for the planting design to be successful in the winter season, attention was paid to the intensive use of *Juniperus horizontalis* species considering its evergreen status. As seen in the planting plan, plant groups with red and burgundy leaf colors create a signal effect for drivers. Shrub species were used intensively in the center of the roundabout. Tall trees are positioned in the center in single and groups of 3 in order not to obstruct the view. Considering that the roundabout is located on the city periphery, plants are brought together in an informal arrangement in the composition. Water, fountains, fish and boats etc. are used as identity elements in the roundabouts of the cities located on the waterfront. For this reason, in this proposal, taking into account the fiction

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

that the study area is a coastal city, the water element and moving fountains are used as the identity element in the center of the roundabout.

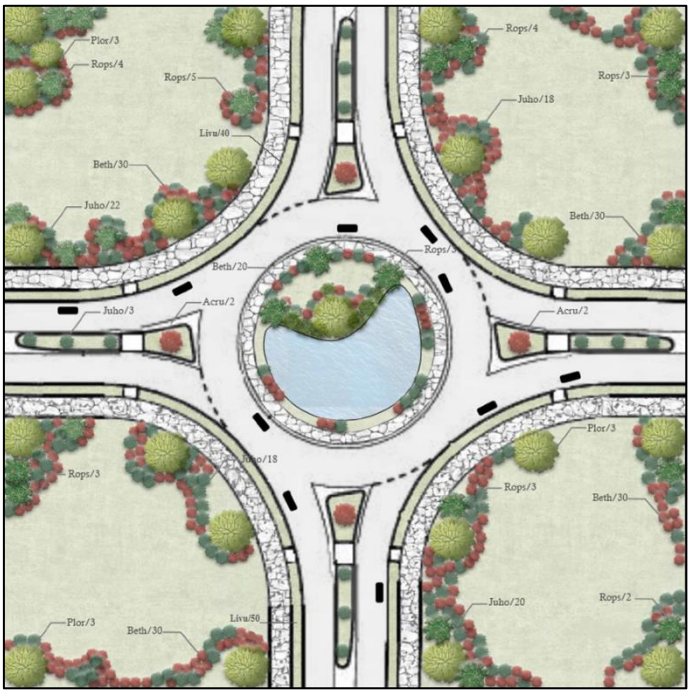


Figure 3. Planting sheet for design suggestion 1

3.2.Design suggestion 2

The second design suggestion was created by considering the leaf and flower colors and sizes of the plants (Figure 4). *Platanus orientalis* with full repetition and *Acer campsetre* species with group repetition were used on the roadsides with their autumn coloration. While deciduous species were preferred in the trees, evergreen *Viburnum tinus* and *Pittosporum tobira* 'Nana' species were used as border elements in dense groups considering the winter season in the lower layer. In the splitter island areas, *Viburnum tinus* in linear groups in the lower layer and *Acer palmatum* 'Atropurpureum' species with burgundy-colored leaves were used in the lower layer. In the landscaping buffer, *Rosmarinus officinalis* was pruned and used as a border element. This boundary element guides both drivers and pedestrians and provides pedestrians with a comfortable, safe and aesthetic walking environment separated from vehicle traffic. Considering that the roundabout is located in an area where pedestrian circulation is not intense in the city center, the plants in the composition are brought together with a formal order in the center and an informal order on the sides of the road. In the center of the roundabout, *Lolium* sp. and *Waldsteinia forrest* species are used as alternating strips towards the center so as not to

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

obstruct the view. *Salvia splendes* and *Viburnum tinus* species are designed as radial linear groups to emphasize the central object. Waldsteinia forrest and *Salvia splendes* groundcovers were preferred for their effective flowers. In addition, an object with cultural value representing the region where the roundabout is located was used in the center.

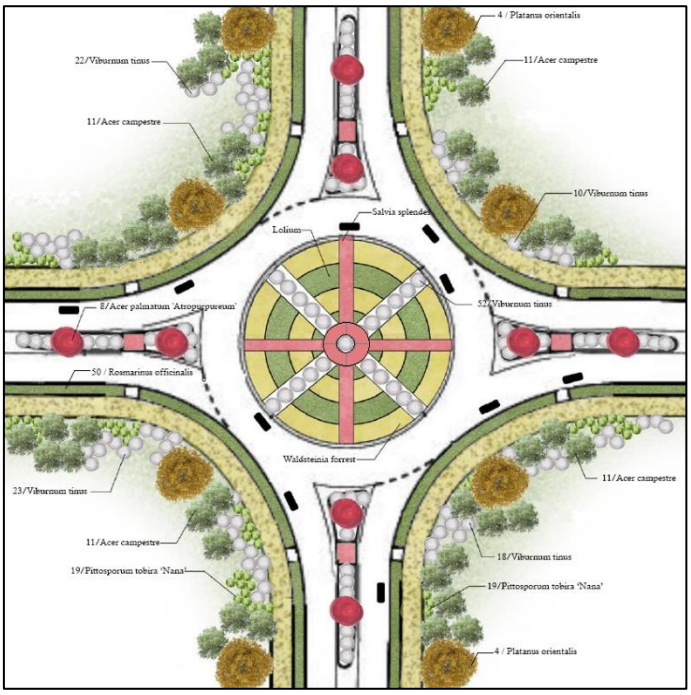


Figure 4. Planting sheet for design suggestion 2

3.3.Design suggestion 3

The third design suggestion was created by considering the leaf colors, forms and sizes of the plants (Figure 5). Considering that the roundabout is located in the center of the city in an area where pedestrian circulation is intense, plants were brought together in a formal arrangement in the composition. The amount of hard ground was increased along with the sidewalk and *Ginkgo biloba* trees, which attract attention with their autumn coloration and form, were used singly and in groups in this area. In the green area next to the dense hard ground, Acer negunda trees are used with a full repetitive arrangement. The trees are designed in linear groups to support the linear flooring character on the hard floor. *Lavandula angustifolia* shrub groups with their effective purple flowers are placed at the junction of the hard ground and green areas. In the landscaping buffer, *Nerium oleander* shrubs with their evergreen flowers are used as border elements. This boundary element guides both drivers and pedestrians and provides pedestrians with a comfortable, safe and aesthetic walking

environment separated from vehicular traffic. *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea' and *Euonymus japonica* 'Aurea' species are designed in dense groups to create a signal effect in splitter island areas. *Sedum reflexum*, *Euonymus fortunei* and *Juniperus horizontalis* species were used in the geometric patterns created in the center of the roundabout so as not to obstruct the view. Since intense geometric forms were used in the center of the roundabout, no objects were used.



Figure 5. Planting sheet for design suggestion 3

4. CONCLUSION

As a result of the study, it was determined that plants are an important design element in the arrangement of roundabouts. In the designs created at the roundabouts, it was seen that the plants brought together in both formal and informal order can fulfill aesthetic and functional functions. Plants were designed to provide ease of orientation for drivers and to warn drivers. In addition to plants, roundabout designs were supported and diversified with the use of still or moving water elements and plastic objects. It is emphasized that plant compositions designed by using the color, form and size characteristics of coniferous and broad-leaved plant species can reduce the distraction of drivers that may be caused by environmental factors. Whether in the city center or in a rural area, it is seen that roundabouts have features that can attract the attention of local people and city visitors. Landscape architecture is an important actor in the planning and design of roundabout plantings. It is of great importance for the sustainability of

the applications that the relevant municipalities and other governing bodies receive support from landscape architects and related disciplines in roundabout planting applications.

For this purpose, effective cooperation between landscape architects and local governments should be established to ensure that aesthetically planted roundabouts also provide a safe, sustainable and environmentally friendly solution. In this context, considering that roundabout plantings have an important role in urban identity, importance should be given to roundabout planting designs.

REFERENCES

Aklıbaşında, M. & Erdoğan, A. (2016). Nevşehir kentiçi yol bitkilendirmelerinin estetik-fonksiyonel yönden değerlendirilmesi ve kullanılan bitki türlerinin tespiti. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 57-71.

Bozkurt, H. & Yılmaz, H. (2020). Dönel Kavşakların Kavşak Güvenliği Üzerine Etkisinin Analizi. *Academic Perspective Procedia*, 3(2), 893-902.

Çakıcı, Z. (2014). Sinyalize dönel (yuvarlakada) kavşakların tasarım esaslarının araştırılması, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisasn Tezi, Denizli.

Fukahori, K. & Kubota, Y. (2003). The role of design elements on the costeffectiveness of streetscape improvement. *Landsc Urban Plan,* 63: 75–91.

Güneroğlu, N. & Bekar, M. (2017). Dönüşüm ve kimlik kavramı: Trabzon örneği. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(4), 580-593.

Güneroğlu, N., Bekar, M. & Kaya Sahin, E. (2019). Plant selection for roadside design:"the view of landscape architects". *Environmental Science and Pollution Research*, 26(33), 34430-34439.

Lynch, K. (1981). A Theory of Good City Form. Cambridge: MIT Press.

Macioszek, E. (2022). Roundabouts as aesthetic road solutions for organizing landscapes. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 115, 53-62.

Sağlık, A., Ekiz, N., Bayram, S. & Temiz, M. (2020). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi kavşağı peyzaj düzenlemesinin incelenmesi. *Peyzaj*, 2(2), 78-85.

Sağtekin, M. Z. (2020). İstanbul ili Anadolu Yakası 2. karayolu (D-100) güzergahındaki yeşil alanların bitkilendirme esasları ve öneriler, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisasn Tezi, İstanbul.

Yetim, Ş. & Yıldırım, D. Y. (2022). Trabzon'un ana yaya bağlantılarında dini yapıların algılanabilirliği. *GRID-Mimarlık Planlama ve Tasarım Dergisi*, 5(2), 193-225.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Wey W.M. & Wei, W.L. (2016). Urban street environment design for quality of urban life. *Soc Indic Res*, 126(1):161–186.

URL-1 https://drla.ie/projects/tipperary-roundabout/ (Access date: 14/12/2024)

URL-2 https://tr.pinterest.com/pin/690739661634364748/ (Access date: 14/12/2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INTERACTION OF TALL BUILDINGS AND URBAN TOURISM: THE CASE OF DUBAI, UNITED ARAB EMIRATES

Prof. Dr. Nilgün GÜNEROĞLU
Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture
nayhan@ktu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0825-0405

ABSTRACT

Cities are residential areas with a high population density and contain different economic, social and cultural structures. From past to present, cities have shown continuous development and change with environmental conditions, people's needs and technological developments. Some buildings constructed in this development process have gained value as image elements in cities. Tall buildings, which are effective in city character, are often the elements that shape the identity and attractiveness of the city. Tourists from all over the world travel to visit these buildings and experience their innovative designs. Their architectural achievements, the experiences they offer and their global recognition make them more attractive to tourists. Using tall buildings effectively in tourism strategies strengthens countries' position in the global tourism market. The history of the Emirate of Dubai, which was chosen as the study area, has an impressive story of transformation from a humble fishing village to an international trade and tourism center. With oil as the primary source of its economy, Dubai has developed a tourism and trade marketing department that emphasizes branding over time. From skyscrapers to artificial islands, from metro projects to touristic events, the city has become one of the most famous global destinations of tourism, finance and residence area. For these reasons, this study identifies the tourism activities in Dubai and evaluates the importance of tall buildings in the tourism sector. It has been determined that Dubai architecture is distinguished from buildings around the world with its innovative and bold landscape features that include different design approaches such as height, uniqueness, functionality, diversity, climate suitability, sustainability, innovation and technology.

Keywords : Scale, Structure, Image, Tourism, Dubai

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Cities are residential areas where people carry out activities such as living, working, production, trade and socialisation, usually with a dense population and hosting different economic, social and cultural structures. Throughout history, cities have constantly changed and developed in line with the needs of people, environmental conditions and technological advances. Natural, economic, social, political and cultural factors have a great influence on the shaping of cities. The first cities emerged after the agricultural revolution. With the development of agriculture, people settled down and excess agricultural production supported population growth. Irrigation systems enabled the development of agricultural production and trade, thus cities became economic and social centres. In the Middle Ages, cities were mostly small settlements surrounded by walls. Security and defence became one of the main factors in the shaping of cities. In the 18th and 19th centuries, the Industrial Revolution accelerated the urbanisation process. With the establishment of factories, cities have become places where production and labour force are concentrated. During this period, the population of cities increased rapidly, and the need for housing and infrastructure problems came to the agenda. The development of railways and other transport networks supported the growth of cities and metropolitan areas emerged. Today, cities are shaped under the influence of globalisation, digitalisation and sustainability. Climate change and environmental factors significantly affect urban planning and architectural decisions. Smart city technologies, energy efficiency and environmentally friendly construction are among the priorities of modern cities.

City image can be defined as a set of general perceptions and impressions that a city creates in the minds of individuals (Lynch, 1981). City image consists of three basic components: identity, physical structure and meaning. The combination of many elements such as the city's physical characteristics, cultural texture, socio-economic structure, historical heritage shapes the city image (Güneroğlu & Bekar, 2017). The presence of all these elements in a city determines the recognition, attractiveness and identity of that city. The image of a city can both increase the loyalty of residents to the city and make it a centre of attraction for tourists and investors. The elements that make up the city image are given in Table 1.

Table 1. Elements that make up the city image (Örer, 1993; Ilgın et al., 2018)

Natural and Geographical Structures	Natural Beauties	Natural elements such as sea, lake, river, mountain and forest in or around the city form the visual and environmental image of the city.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Climate	The climate of the city can affect people's perception of the city.
Historical and Cultural Buildings	Monumental Buildings	Historical monuments, castles, palaces and temples are the most prominent image structures of cities.
	Historical Bazaars and Streets	Ancient streets, marketplaces or historical city centres offer an impression of the city's past.
	Cultural Centres	Museums, art galleries, concert halls and theatres are among the important structures that emphasise the cultural richness of cities.
Modern Architecture and Urban Spaces	Landmark Buildings	Landmark buildings built in the modern period enable cities to be recognised on a global scale.
	Urban Areas	Squares, parks, boulevards and walkways form the heart of the social life of cities.
Transport and Infrastructure Structures	Bridges and Roads	Well-designed transport structures can strengthen the city image.
	Ports, Airports and Stations	Transport centres with modern and impressive designs contribute to the image of the city.
Symbolic and Iconic Elements	City Landmarks	A special symbol or structure that distinguishes a city from others can define the image of that city.
	City Logo and Slogan	Logos and slogans used in the promotion of cities are also part of image structures.
Social and Cultural Image Structures	Festivals and Events	International festivals organised by a city create a positive image of that city.
	Local Life and People	The hospitality, lifestyle and daily activities of the inhabitants affect the social image of the city.
Economic and Commercial Structures	Finance Centres	Modern financial buildings and business centres symbolise the city's economic power.
	Shopping Areas	Prestigious shopping centres and boutique stores give the city a luxurious and modern image.
Environmental and Sustainability Aspects	Green Areas	The abundance of green areas in the city increases the perception that the city is environmentally friendly and liveable.
	Environmentally Friendly Applications	Recycling systems, bicycle paths and the use of renewable energy play an important role in the image of modern cities.

Tall buildings, which constitute the image of the city, are often the elements that shape the identity and attractiveness of the city. Throughout history, tall buildings have been the centre of attention of humanity and have become a symbol of social, cultural and technological developments in every period. From ancient times to the present day, monumental tall buildings built in different periods, from pyramids to ziggurats, from cathedrals to modern skyscrapers, reflect people's desire for dominance over nature and their aesthetic understanding. While such buildings were constructed as a result of technological advances, they have also become symbols of concepts such as superiority and power. In the modern period, the functions of tall buildings have gone beyond monumental and religious buildings and transformed into residential, office and mixed-use areas. This transformation is a reflection of the changes in the economic and social structures of cities (Ulutaş, 2018). Tall buildings directly affect the silhouette and image of the city in which they are located, as they have quickly recognisable

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

features on the urban plane. In addition to adding aesthetic value to urban areas, such buildings also function as economic and touristic attraction centres (Figure 1).

Urban tourism refers to tourism activities that take place in urban areas away from rural areas. This type of tourism involves visitors experiencing cultural, historical and modern attraction centres, especially in cities where sectors such as administration, trade, production and services are intensive. Urban tourism increases the international recognition and brand value of cities. Modern and tall buildings have gained increasing popularity in urban tourism. In addition, cities stand out as tourist destinations thanks to their iconic tall buildings. For these reasons, tall buildings, which are symbols of the modern world, play an important role in the preference of a country as a tourism destination.

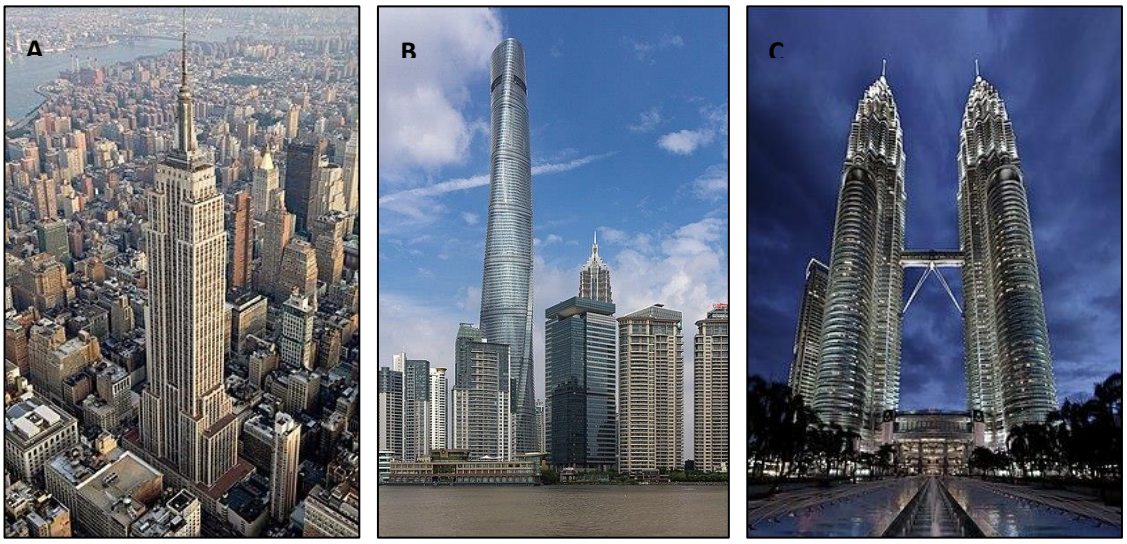


Figure 1. A: Empire State Building, USA, B: Shanghai Tower, China, C:Petronas Towers, Malaysia (A:URL-1, B:URL-2, C:URL-3)

2. MATERIAL AND METHODS

2.1.Study Area

Dubai is one of the seven emirates within the United Arab Emirates (Figure 2A). It borders the Persian Gulf and is neighboured by Abu Dhabi to the south and Sharjah to the northeast. The area of Dubai is approximately 4,114 km² and it is the second largest emirate of the United Arab Emirates. Dubai has a desert climate with extremely hot and dry weather conditions. Average temperatures are high throughout the year. Precipitation is very rare in Dubai, and rainfall can often last for several days during the winter months. Since Dubai is located in a region with a desert climate, it has limited natural vegetation. The vegetation of the

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

region consists mostly of desert plants. However, green areas are being created in the city, which are characterised by sustainable landscaping. The emirate, most of which is covered with sand, is remarkable with its coasts, natural harbours and lagoons (Figure 2B). Dubai is also a city of technological innovations and artificial wonders in harmony with nature. When the factors that make Dubai attractive for tourists are analysed, it is observed that the most important promotional tools of the city are modern architecture and engineering structures. In this article, the role of tall buildings in the preference of Dubai as an urban tourism destination will be discussed. For this purpose, literature review, tour programmes and social media tools were used to reach the tourism destinations of the city. By evaluating this information, the contribution of tall buildings to urban tourism is analysed.

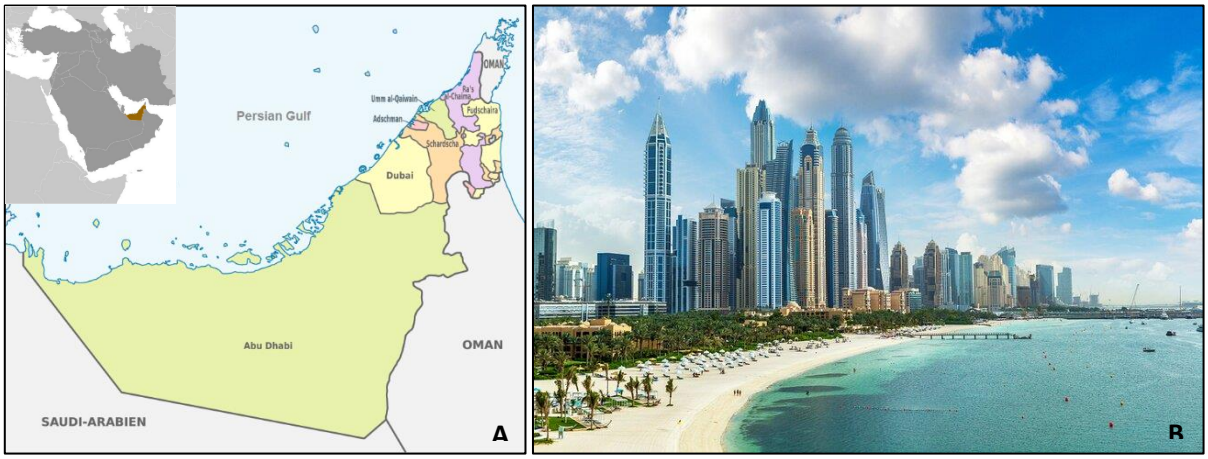


Figure 2. Study area (A: URL-4, URL-5, B: URL-6)

3. RESULTS

Dubai is distinguished worldwide for its architectural innovation, iconic designs and touristic functionality. With these features, the city has become not only a regional but also a global centre of attraction. Out of a population of approximately 3.5 million, only 15 per cent are locals. As a holiday destination combining luxury and modernity, Dubai has many activities and places to visit (Table 2). The main reasons why Dubai is preferred for tourism purposes are warm weather in winter months, easy accessibility from all over the world, low crime rate and security. In addition to these, high standards in areas such as health, transportation and accommodation, world-renowned luxury hotels, large shopping malls, luxury brands and wide entertainment opportunities, high dimensions, design and material diversity in architecture, historical and cultural sites, traditional dances and food, sporting events and festivals make

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Dubai stand out as a holiday destination (Bala & Stevenson, 2024). In addition, Dubai's desert safaris, cultural riches and traditional souks offer a combination of the historical and modern face of the city. In the shadow of modern skyscrapers, the souks, reflecting the spirit of old Dubai, have a unique atmosphere for shopping for spices, gold and textiles. Dubai, which welcomes tourists equally every month of the year, was visited by 8.36 million foreign tourists in the first 6 months of 2019 (Yas, et al., 2020). The emirate, where the number of 4 and 5-star hotels is increasing day by day, ranks 3rd in the world in taxi services (Alsuwaidi, 2020; Ishfaq, 2020). In Dubai, structures that push the boundaries of engineering in line with technological developments stand out. The principles of height, scale, uniqueness, functionality, diversity, climate suitability and sustainability stand out in the buildings. With Burj Khalifa, the world's tallest building, Dubai stands out from other major cities of the world with its tall building density and architectural diversity. At 828 metres high, the Burj Khalifa is the tallest building in the world and has become the city's landmark. The panoramic view of Dubai from this colossal structure offers visitors an unforgettable experience.

Table 2. Activities and places to visit in Dubai

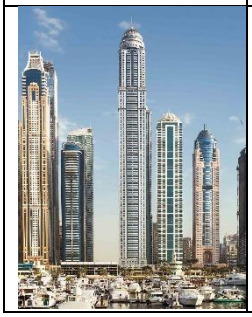
	Places to Visit	Activities that can be done
Structures	Burj Khalifa	Tasting traditional flavours
	Burj Al Arab	Learning the history of the city
	Princess Tower	Shopping
	Almas Tower	Taking a photo
	Cayan Tower	Desert safari
	Jumeirah Emirates Towers	Skydiving
	Dubai Frame	Camel ride
	One za'abeel	Surfing
	Jumeirah Mosque	Sand surfing
	Ain Dubai	Camping in the desert
	Atlantis The Palm	Yacht trip
	Atlantis The Royal	Helicopter tours
	Al Fahidi Historical Castle	Sunbathing
	Dubai Opera	Swimming
	Museum of the Future	Kite beach
	Mohammed Bin Rashid Library	Fisheries
	Aura Skypool	Jetsky
	The View at The Palm	Watching water shows
Outdoor Spaces	Jumeirah Beach	Viewing the landscape
	Palm Jumeirah	Skiing
	Dubai Marina	Scuba diving
	Dubai Miracle Garden	
	Dubai Fountain Show	
	Dubai Parks and Resorts	
	Dubai Desert	
	Expo City Dubai	
	Spice Souk	
	Gold Souk	
	Al Fahidi Historic Quarter	
	Dubai Creek	
	Global Village	
	Souk Madinat Jumeirah	
Indoor Spaces	Dubai Akvaryum-Underwater Zoo	

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

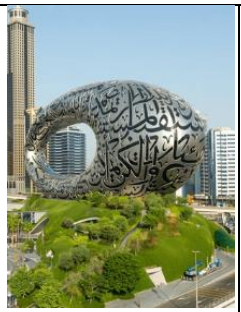
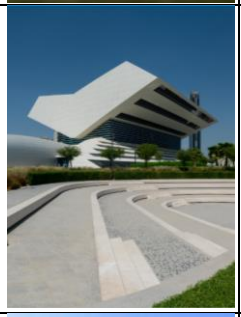
Ski Dubai
IMG Worlds of Adventure
Deep Dive Dubai
Dubai Mall

Dubai is also famous for the Dubai Mall, one of the largest shopping centres in the world. It is not only a shopping centre, but also a living space with many activities such as aquariums, ice skating rinks and amusement parks. Burj Al Arab, one of the first places that come to mind when it comes to luxury hotels, is known as the most luxurious hotel in the world. This sail-shaped structure is an engineering marvel on the sea and popularised the concept of '7 star hotel'. One Za'abeel is an iconic structure that adds a new dimension to Dubai's skyline. One Za'abeel, which consists of two tall buildings connected by a cantilever, stands out as an important structure that increases the touristic attraction of Dubai with its architectural innovations and luxury experiences. The cantilever structure named The Link holds the Guinness World Record and is recognised as a great achievement in terms of engineering and design. Observation platforms, restaurants and entertainment activities in these structures increase the preferability. Dubai is also a city of technological innovations and artificial wonders in harmony with nature. The Palm Islands are among the most remarkable man-made islands. Designed in the shape of a palm tree, these islands are home to both luxury residences and tourist attractions.

Table 2. Examples of tall and modern buildings in Dubai

	**Burj Khalifa:** It is the tallest building in the world with 163 floors and 828 metres in length. It is the first building to be constructed with steel construction on a reinforced concrete mass. It is also the only building with the fastest and highest elevator. (Photo:URL-7).		**Atlantis The Royal:** One of the most luxurious hotels in the world, it is 185 metres long with 43 floors. The building, which consists of layers of blocks, is quite remarkable with its modern architecture and groundbreaking facilities. (Photo:URL-14).
	**Princess Tower:** Located in the Dubai Marina area, it is the second tallest residential building in the world with 101 floors and 414 metres in length. It is one of the iconic buildings reflecting the luxury lifestyle. (Photo:URL-8).		**Atlantis The Palm:** Atlantis The Palm, one of Dubai's landmarks, is located at the very tip of the Palm Jumeirah island and offers spectacular views of the Arabian Gulf. (Photo:URL-15)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	**23 Marina:** Located in the Dubai Marina area, this building is one of the tallest residential buildings in the world with a length of 90 floors and 392.8 metres. It combines luxury living standards and modern architecture. (Photo:URL-9).		**Museum of the Future:** The 7 m and 77 m long structure is a symbol of Dubai's technological vision. It is built without the use of traditional columns and has an oval ring shape. It is environmentally friendly thanks to its energy efficient design. (Photo:URL-16).
	**Almas Tower:** Located in the Jumeirah district, this building is one of the symbolic buildings of the city with its 68 floors and 360 metres length. It is a building with offices created especially for the jewellery and precious stone trade. (Photo:URL 10).		**Dubai Frame:** At 150 metres long, it is the largest frame in the world, designed with the concept of merging the past and the future in a single frame. it is a popular destination where the city panorama can be experienced. (Photo:URL-17).
	**Burj Al Arab:** Located on Jumeirah Beach, it is one of the most luxurious hotels in the world with a length of 321 metres and 60 floors. Inspired by the traditional sailing boats of the Arabian Peninsula, it is famous for being the first 7-star hotel. (Photo:URL 11).		**Dubai Opera:** Located next to the Burj Khalifa, the design of the building references Dubai's maritime past and trade heritage. It is an important landmark that brings together eastern and western cultures. (Photo:**URL-18**)
	**Jumeirah Emirates Towers:** It is a complex with two towers, one 309 metres and the other 354 metres tall, one of which serves as a hotel and the other as an office. It provides energy efficiency with environmentally friendly design features. (Photo:URL-12).		**Mohammed Bin Rashid Library:** Located in the Al Jaddaf area, the library is considered an important symbol of Dubai's cultural vision with its modern design in the shape of an open book. It is equipped with energy-saving systems. (Photo:URL-19).
	**Cayan Tower:** At 306 metres long and 76 storeys, it is an iconic element of the Dubai Marina skyline. The building has gained worldwide fame for its 90-degree twisted architecture and is considered one of the finest examples of modern architecture. (Photo:URL-13).		**One Za'abeel:** It is the building with the world's longest console (67.5 metres) between two skyscrapers 300-235 metres long. The building, with its hotel, residential and commercial areas, was built according to environmentally friendly design criteria. (Photo:URL-20)

4. CONCLUSION

Tall buildings are one of the most important elements that strengthen the identity and brand value of a city. Buildings with iconic and innovative designs are not only an architectural achievement, but also a symbol that increases the cultural, economic and touristic attraction of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

the city. Although the presence of tall buildings is an important step for the modernisation of cities and the development of tourism, it is a great necessity not to damage historical elements and cultural values. Historical buildings and traditional architecture are the most valuable elements of a city's cultural identity. Preservation of these elements is important not only to carry the traces of the past to the future, but also to support cultural tourism and to give the city a unique character. Cities where modern buildings and historic fabric coexist in harmony become more attractive to tourists, while at the same time enabling local people to take pride in preserving their cultural values. Therefore, tall building projects should prioritise the preservation of cultural heritage and the enrichment of a city's identity. In this respect, Dubai has both preserved its traditional architecture and emphasised tall modern buildings. In fact, it has come to the forefront as the city of the best in the world with its eye-catching projects and ever-growing vision. As can be seen from the examples, each of the tall buildings reflects Dubai's modern city identity with their unique designs. It is seen that these buildings play an extremely effective role in the preference of Dubai as a tourism destination.

REFERENCES

Alsuwaidi, M. S. (2020). The employability of qatari citizens in the hospitality sector: Current challenges and future prospects. Master's thesis, Qatar University.

Bala, M., & Stevenson, K. (2024). The Role Of Public Spaces In Promoting Sustainable Tourism: A Case Study In Dubai. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 1594-1606.

Güneroğlu, N., & Bekar, M. (2017). Dönüşüm ve kimlik kavramı: Trabzon örneği. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(4), 580-593.

Ilgın, H. Ö., Ertekin, İ., & Yengin, D. A. (2018). İmaj ve kurumsal imaj bağlamında kent imajı. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 8(2), 203-215.

Ishfaq, S. (2020). Dubai's taxing life: Pakistani cab drivers & perceptions of discrimination from passengers. *Social Identities*, 26(2), 203-218.

Lynch, K. (1981). A Theory of Good City Form. Cambridge: MIT Press.

Örer, G., 1993. İstanbul'un Kentsel Kimliği ve Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Terzi, C. & Gürbüz, A. (2020). The Role Of Archıtectural And Engıneerıng Creatıons In Tourısm, *S C I E N N O V A T I O N, A Journal of Structural Science and Innovation*, 39-46. (https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1259927)

Ulutaş, Ö. O. (2018). Yüksek binaların kent imajı üzerindeki etkisinin marka değeri bağlamında değerlendirilmesi örnek: Bursa, Nilüfer. Yüksek Lisasn Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.

URL-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Empire_State_Binas%C4%B1 (Access date: 12/12/2024)

URL-2: https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Shanghai_-_Shanghai_Tower_-_0003.jpg (Access date: 12/12/2024)

URL-3: https://tr.wikipedia.org/wiki/Petronas_%C4%B0kiz_Kuleleri (Access date: 13/12/2024)

URL-4: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/United_Arab_Emirates_%28%2Bclaims%29%2C_administrative_divisions_-_de_-_colored.svg (Access date: 13/12/2024)

URL-5:https://tr.pinterest.com/pin/40813940359697966/ (Access date: 14/12/2024)

URL-6:https://whizolosophy.com/category/the-legacy-we-leave/article-essay/exploring-the-12-best-beaches-in-dubai-in-2024-25 (Access date: 14/12/2024)

URL-7: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dubai%27deki_en_y%C3%BCksek_binalar%C4%B1n_listesi (Access date: 12/12/2024)

URL-8:https://eppicpdm.com/princess-tower/ (Access date: 12/12/2024)

URL-9: https://www.tfod.in/photo-space/4130/marina_23_in_dubai_cityscape (Access date: 15/12/2024)

URL 10:https://www.skyscrapercenter.com/dubai/almas-tower/298 (Access date: 18/12/2024)

URL 11:https://www.visitdubai.com/tr/articles/best-places-for-views-of-burj-al-arab (Access date: 11/12/2024)

URL-12:https://jumeirah-emirates-towers-hotel-dubai.hotelmix.vn/#lg=37587&slide=1586108248 (Access date: 11/12/2024)

URL-13:https://www.architectmagazine.com/design/buildings/cayan-tower-designed-by-skidmore-owings-merrill_o (Access date: 12/12/2024)

URL-14:https://www.archdaily.mx/mx/1009476/hotel-atlantis-the-royal-kpf (Access date: 12/12/2024)

URL-15:https://www.visitdubai.com/en/places-to-visit/atlantis-the-palm (Access date: 15/12/2024)

URL-16: https://www.shutterstock.com/tr/search/dubai-museum (Access date: 15/12/2024)

URL-17:https://www.skyscrapercenter.com/building/dubai-frame/19644 (Access date: 20/12/2024)

URL-18:https://dubaiverse.io/news/dubai-opera-announces-the-2023-2024-season-a-celebration-of-the-cultures-of-the-world/ (Access date: 20/12/2024)

URL-19:https://www.mediaoffice.ae/en/news/2023/September/20-09/Mohammed-Bin-Rashid-Library-Launches-A-World-in-Your-Language-Initiative (Access date: 23/12/2024)

URL-20:https://www.cbre.ae/press-releases/cbre-exclusively-appointed-as-joint-leasing-advisor-of-one-zaabeel (Access date: 17/12/2024)

Yas, H., Mardani, A., Albayati, Y. K., Lootah, S. E., & Streimikiene, D. (2020). The positive role of the tourism industry for Dubai city in the United Arab Emirates. *Contemporary Economics*, 14(4), 601.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EXAMINING THE PLACE OF WATER USE IN URBAN PARKS THROUGH PROJECT EXAMPLES

Research Assistant Dr. Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN
Karadeniz Technical University,
Faculty of Forestry,
Department of Landscape Architecture
Trabzon, Türkiye
ORCID: 0000-0002-9614-6009
demetsekban@ktu.edu.tr
05552723144

Asist. Prof. Dr. Makbulenur ONUR
Karadeniz Technical University
Faculty of Forestry
Department of Landscape Architecture
Trabzon, Türkiye
ORCID: 0000-0003-4511-1284
mnurbekar@ktu.edu.tr
05399314725

ABSTRACT

Urban parks are public spaces designed to preserve natural and semi-natural qualities within dense urban tissue, and to offer users outdoor recreation, rest and socialization opportunities. These spaces help revitalize local ecosystems and strengthen the interaction of urban dwellers with nature against problems such as increasing urbanization pressure, concreting, air pollution and loss of biodiversity. Urban parks increase the quality of urban life with their aesthetically valuable landscaping and recreational facilities, while also contributing to the preservation of ecological balance as an important element of green infrastructure. Water has always been a central resource and an emphasized element in the design of urban parks. Water is indispensable for the healthy functioning of ecosystems as it meets the basic living needs of humans. Water resources provide suitable habitats for flora and fauna, regulate the local climate and support the natural cycle of the landscape. In addition to this importance in terms of the ecosystem, water also stands out as an aesthetic and recreational element in park areas. Various water elements, ponds, ornamental pools, fountains and streams increase visual quality and offer users a peaceful and interesting experience. Water also forms the basis of recreational activities (boat tours, water playgrounds, etc.) for different age groups. In this study, by examining current urban park project examples, it is seen that new trends have emerged in the use of water. Water

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

elements, which mostly served aesthetic perception in the past, have become an inseparable part of ecological sustainability and the idea of preserving natural balance today. New design approaches stand out with strategies such as collecting and reusing rainwater, optimizing irrigation systems and creating plant compositions that support water ecosystems. Thus, without ignoring the recreational potential of water, design solutions compatible with ecological principles come to the fore. As a result, the place of water use in urban parks is being reshaped in line with sustainability, ecosystem protection and efforts to create multifunctional recreational areas, as well as aesthetic benefits.

Keywords: Urban parks, water use, water and ecology, water and multi-function

1. INTRODUCTION

Urban parks have great social and ecological importance as multi-dimensional and multi-functional spaces that have directly affected the dynamics of urban life from past to present. Today, rapid urbanization, increasing population and the gradual decrease in green areas under negative urban pressures have made the necessity of urban parks more than ever. Many recent studies have determined that urban parks play important roles in protecting the physical and mental health of city dwellers, regulating the urban climate thanks to their components and ensuring ecological balance (Hanna, Bruno, & Comín, 2024). Especially in crowded and stressful urban environments, urban parks increase the quality of life of individuals by providing clean air, rest and recreation opportunities, socializing areas and contact with natural elements (Bray, Reece, Sinnett, Martin, & Hayward, 2022; Clarke et al., 2023).

One of the greatest contributions of city parks to society is that they provide an open and inclusive space for all age groups (Peters, Elands, & Buijs, 2010; Qi, Mazumdar, & Vasconcelos, 2024; Sundevall & Jansson, 2020). These parks are not only aesthetic but also a socio-cultural attraction point (Aydemir, Çetinkaya, Güngör, & Ömüriş, 2024; Bazrafshan, Tabrizi, Bauer, & Kienast, 2021; Chiesura, 2004). Different social segments come together and interact on park walkways, playgrounds, sports fields or recreation areas. Thus, city parks serve as a background that strengthens social cohesion and neighborhood relations. In addition, the organization of cultural activities such as outdoor events, concerts and festivals allows parks to become cultural stages within the city.

From an ecological and environmental perspective, urban parks are an important part of the urban ecosystem (Remme et al., 2021). Vegetal structures such as trees, shrubs and grasses

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

play a direct role in improving air quality and reducing problems such as dust, noise and heat island effect. They create a healthier respiratory environment by filtering air pollution, especially that caused by heavy traffic and industrial activities (Guneroglu, Bekar, & Kaya Sahin, 2019). At the same time, urban parks support the biodiversity of the city and provide habitats for creatures such as birds, insects and small mammals. In this respect, they also undertake the task of maintaining the natural cycle in the ecosystem within the city to some extent.

When we look at the components of the urban landscape, we see that one of the most basic elements of the design is “green infrastructure”, namely plant design. In this context, the trees, bushes, seasonal flowers and grass areas used determine both the functional and aesthetic value of the parks. Topographic arrangements are also an important part of the park design; elevations, hills and sloping surfaces allow for different uses of the area and create an aesthetic rhythm. In addition, functional elements such as pedestrian paths, sports and playgrounds, urban furniture (seating units, lighting elements, garbage cans, etc.) facilitate the interaction of users with the park and provide a comfortable usage experience (Whalley, 1988). Water elements have a special place in the urban landscape. Water elements that appear in different forms such as ponds, fountains, ornamental pools and stream beds enrich the general design character of the park (Langie, Rybak-Niedziółka, & Hubačíková, 2022). The visual appeal and calming effect of water allow users to relax and get away from stress. In addition, it is known that interaction with water (e.g. sitting near the water, walking with the sound of water) has positive psychological effects on people. In this context, the presence of water elements in urban parks is important not only in terms of aesthetics but also in terms of user experience and health (Langie et al., 2022).

From an ecological perspective, water elements support the water cycle in the urban ecosystem (Burian & Pomeroy, 2010; Swyngedouw, KaÏKa, & Castro, 2002). Ponds and water channels in the park provide feeding, sheltering and breeding grounds for many creatures, especially birds. Especially for migratory birds, water surfaces in the park are of vital importance as a short-term stopover or feeding point. Increasing the water availability in the city also contributes to the protection of underground water levels. If correct water management and planting strategies are implemented, water elements can also be effective in mitigating the urban heat island effect.

This study aims to examine the usage patterns, functions and design approaches of water landscape elements in urban parks. Within the scope of the study, firstly, the place of water

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

elements in park spaces, their ecological contributions and aesthetic values will be discussed; an evaluation has been made on various applications such as ponds, ornamental pools, fountains, sprinkler systems and stream beds. In this context, it has been examined for what purposes, in accordance with which design principles and under which physical conditions water elements are used in urban parks; Thus, the role of water in increasing spatial quality, its effects on user satisfaction and ecological sustainability have been revealed. As a result, how water can be integrated into park designs as a landscape element and the urban and social benefits of this integration will constitute the main focus of the study.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, a total of 98 parks that have been completed and actively used by users were examined in order to determine the usage patterns of water landscape elements in urban parks. Landezine database was used within the scope of the examination (Landezine, 2023). Landezine is a valuable resource for examining landscape architecture projects realized worldwide. In order to reliably examine the distribution of water-related projects by year:

1. Project data cards or project identifiers
2. “Year of completion” or “Year of publication” information
3. The existence and quality of the water element (aesthetic, ecological, recreational, etc.)

were analyzed. Later, together with the information obtained from here, data regarding the parks were collected during the examination process through project reports and photographic documentation of the relevant park designers. While the design drawings and application details in the project reports provide information about the planning processes and design approach of the parks, the photographs revealed the characteristics of the water elements such as their location, shape and scale within the area more concretely. During the data collection phase, firstly the project reports of each park were examined and the existence, quality and function of the water component (pond, ornamental pool, fountain, stream bed etc.) were recorded. Then, the obtained project data were evaluated comparatively with the field photographs, and it was tried to determine to what extent the applications specified in the reports were actually implemented. The photographs constituted an important source in analyzing the spatial location of the water element and user interaction. The collected data were examined with the descriptive analysis method and a categorical framework was created for each park with the basic distinction of “water element present/absent”. In addition, if the water element was present, sub-classifications were made according to its formal and functional characteristics (e.g.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

recreation, aesthetics, ecological etc.). Thus, it was revealed which design trends the 98 parks examined had in terms of water landscape elements and how these trends were reflected in their intended uses.

3. FINDINGS AND DISCUSSION

Within the scope of this study, a total of 98 projects published on the Landezine platform and belonging to different years were examined (Landezine, 2023). When the distribution of projects according to their completion years was examined, it was determined that there were 15 projects from 2024, 24 from 2023, 15 from 2022, 8 from 2021, 4 from 2020, 1 from 2019, 6 from 2018, 3 from 2017, 5 from 2016, 1 from 2015, 1 from 2014, 5 from 2013, 3 from 2012, 1 from 2011, 1 from 2009 and 3 from 2005 (Figure 1). Accordingly, it is seen that the number of projects for 2023 (24) is the highest compared to other years, followed by projects for 2024 and 2022 (15each).

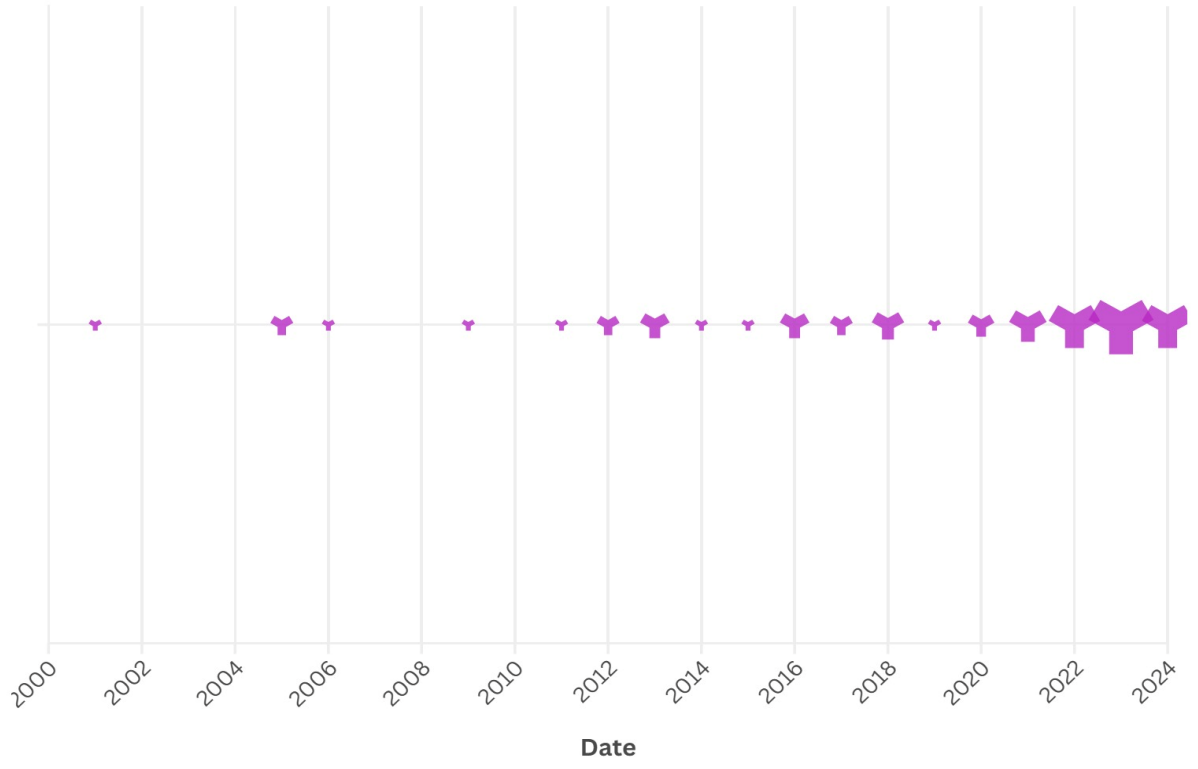


Figure 1. Distribution of the projects examined in the study by year

It was determined that only 5 of the 98 projects examined did not use the water element. It was determined that the 5 projects where water was not used were generally urban space arrangements or designs that focused on hard ground.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Within the scope of the study, it was determined how many times each water element/quality was used by the projects examined according to the years (Table 1). 2023 (24 projects) and 2024 (15 projects) stand out as the years with the highest number of projects on the list. It is observed that the water element is used more intensively and in various ways (such as rain garden, bioswale, water area protection) in recent projects. According to the obtained data, 2022 (15 projects) also has a relatively high number of projects. As we go to 2021 and earlier years, the number of projects decreases or remains limited to single examples (Figure 2).

Table 1. Distribution of the parks examined in the study according to years and water use

Year	Total project	Children's Playground	Rain garden	Protection of water area	Water Mirror	Bioswale	Ornamental pool	Fountain	Recreation	Waterside	Water curtain	Others
2024	15	1	4	3	1	0	0	1	2	3	0	0
2023	24	5	3	6	2	2	1	2	3	0	0	0
2022	15	2	0	0	3	3	2	1	2	1	1	0
2021	8	2	1	1	0	0	2	1	0	1	0	0
2020	4	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0
2019	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2018	6	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
2017	3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
2016	5	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2015	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (Rain collector fittings)
2014	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2013	5	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0
2012	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1 (Pool)
2011	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2009	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2005	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1 (Pool)
2001	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

When the types and purposes of water elements used in the projects examined within the scope of the study are examined, the “Children’s playground + Water Element” components stand out as a frequently seen trend, especially in 2023 and 2024, to combine children’s playgrounds with water. This situation emphasizes the importance of water in terms of education, play and interaction with nature.

Rain garden and Bioswale: These two elements are encountered more frequently in the 2023 and 2024 data. It has been determined that these two elements are frequently used together. This shows that ecological approaches such as sustainable water management and rainwater harvesting have been adopted in projects in recent years (Biazin, Sterk, Temesgen, Abdulkedir, & Stroosnijder, 2012; Campisano et al., 2017; Doost, Alsuwaiyan, & Yaseen, 2024). When the Protection of Water Area component is examined, it is one of the most common applications in 2023 and 2024. This situation indicates that the protection of existing water resources and ecosystem-oriented design approaches have become widespread. In addition, it is an example that water areas can be protected and the aesthetic, ecological and functional features of these areas can be used together (DeFries, Hansen, Turner, Reid, & Liu, 2007).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

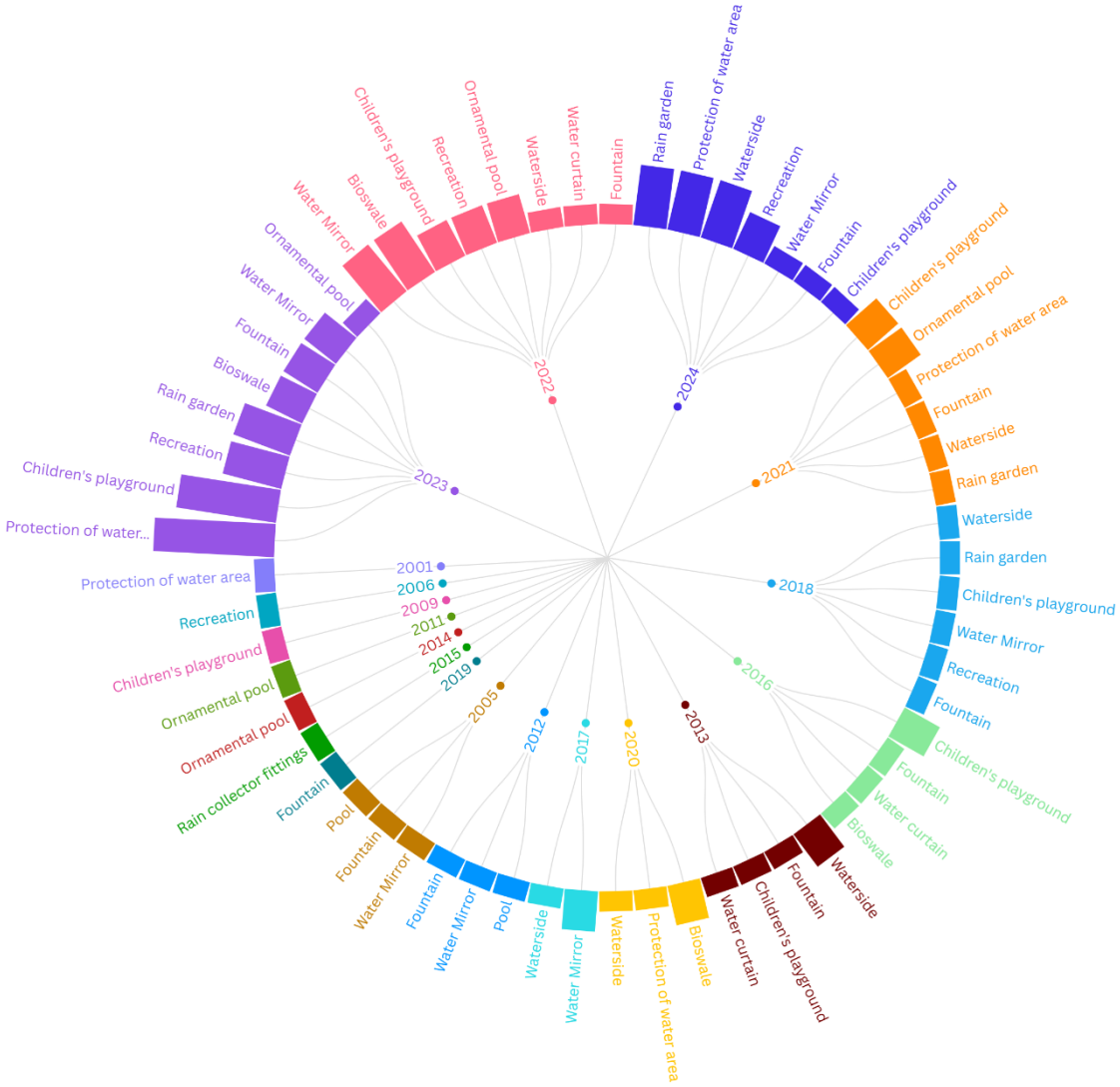


Figure 2. Usage scopes of water elements examined in the study

Water Mirror and Ornamental Pool components are preferred when visual and aesthetic value comes to the fore. It has been observed that they are generally used in urban areas and are used to make areas such as squares more attractive. These components are mostly observed in 2022, 2023 and 2024. However, it has been determined that the use of these components has existed in previous years, but has spread to larger areas.

The Fountain/Pool component was frequently used in 2023 and 2022; It was also seen that it was represented with single examples in years such as 2019, 2018, 2017. It generally has decorative and recreational purposes.

The use of Recreation and Coastal Arrangement (Waterside) components is designed for urban residents to access water, spend time by the water, socialize and interact with the landscape. It is noteworthy that the number of these areas has increased especially in the 2022-

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2024 period. This can show that coastal areas have been frequently used for recreation from the past to the present. The Water Curtain component has been found to be a water element found in a small number of projects. It has generally been used to create visual appeal or to divide spaces and attract visitor attention.

Trends Over Time

In the last five years (2020-2024), it can be said that practices emphasizing ecological and sustainable management of water (e.g. rain garden, bioswale, water area protection) have increased significantly. This shows that designers and local governments are more focused on climate change, water scarcity and ecological awareness. In older projects (first decade of the 2000s), water elements were mostly decorative (ornamental pond, fountain, pool) or waterside, while from the mid-2010s onwards, ecological design components (rainwater collection, bioswale, rain garden) began to come to the fore.

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Urban parks stand out as socially, culturally, ecologically and aesthetically important spaces in the dense urban fabric. Designed by integrating green and blue infrastructure, these areas both meet the recreation and socialization needs of city dwellers and aim to protect natural resources and maintain ecological balance. Observations made in recent years show that water elements are increasingly used in various and versatile ways (e.g. rain garden, bioswale, water area protection) in urban parks. These applications not only provide decorative features, but also fulfill functions such as collecting rainwater, reducing flood risk, supporting biodiversity and providing users with close contact with nature. In this direction, combining children's playgrounds with water elements produces positive results in terms of both ecological awareness and user experience. The increasing importance of the "Water Area Protection" approach shows that awareness is rising for the protection and improvement of existing water ecosystems. Therefore, water elements are no longer just an aesthetic element in design, but a strategic component that integrates ecological, recreational and social dimensions. However, the following suggestions have been developed to increase the use of the water component in urban parks, but to ensure that this use is carried out ecologically without harming nature and users.

Sustainable water management practices such as rain gardens and bioswales should be expanded for ecological design. Protection and improvement issues should always be kept at the forefront. Restoration projects should be emphasized for the protection, rehabilitation and

continuation of ecological integrity of existing water resources. Education and awareness are very important for both sustainability and increasing the desired gains from that area. Therefore, information panels or interactive activities should be provided in parks to ensure that users understand the importance of water. Climate-compatible landscapes should be increased. For this purpose, the use of permeable surfaces together with plants that are suitable for local conditions and consume little water should be encouraged. Recreation and socialization should be evaluated with holistic approaches. Educational and recreational gains can be increased by designing children's playgrounds and water elements together. Thus, urban parks will continue to contribute to the formation of livable cities of the future by offering both ecological and social benefits.

REFERENCES

Aydemir, B., Çetinkaya, G., Güngör, A., & Ömüriş, E. (2024). Understanding the visitor complaints about urban green spaces: a thematic investigation of online reviews on nation gardens in Istanbul, Türkiye. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*(1), 720. doi: 10.1057/s41599-024-03255-3

Bazrafshan, M., Tabrizi, A. M., Bauer, N., & Kienast, F. (2021). Place attachment through interaction with urban parks: A cross-cultural study. *Urban Forestry & Urban Greening, 61*, 127103. doi: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127103

Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A., & Stroosnijder, L. (2012). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa – A review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 47-48*, 139-151. doi: https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.08.015

Bray, I., Reece, R., Sinnett, D., Martin, F., & Hayward, R. (2022). Exploring the role of exposure to green and blue spaces in preventing anxiety and depression among young people aged 14–24 years living in urban settings: A systematic review and conceptual framework. *Environmental Research, 214*, 114081. doi: https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114081

Burian, S. J., & Pomeroy, C. A. (2010). Urban Impacts on the Water Cycle and Potential Green Infrastructure Implications *Urban Ecosystem Ecology* (pp. 277-296).

Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., . . . Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research, 115*, 195-209. doi: https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056

Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning, 68*(1), 129-138. doi: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003

Clarke, M., Cadaval, S., Wallace, C., Anderson, E., Egerer, M., Dinkins, L., & Platero, R. (2023). Factors that enhance or hinder social cohesion in urban greenspaces: A literature review. *Urban Forestry & Urban Greening, 84*, 127936. doi: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127936

DeFries, R., Hansen, A., Turner, B. L., Reid, R., & Liu, J. (2007). LAND USE CHANGE AROUND PROTECTED AREAS: MANAGEMENT TO BALANCE HUMAN NEEDS AND ECOLOGICAL FUNCTION. *Ecological Applications, 17*(4), 1031-1038. doi: https://doi.org/10.1890/05-1111

Doost, Z. H., Alsuwaiyan, M., & Yaseen, Z. M. (2024). Runoff Management based Water Harvesting for Better Water Resources Sustainability: A Comprehensive Review. *Knowledge-Based Engineering and Sciences, 5*(1), 1-45. doi: 10.51526/kbes.2024.5.1.1-45

Guneroglu, N., Bekar, M., & Kaya Sahin, E. (2019). Plant selection for roadside design: "the view of landscape architects". *Environmental Science and Pollution Research, 26*(33), 34430-34439. doi: 10.1007/s11356-019-06562-4

Hanna, E., Bruno, D., & Comín, F. A. (2024). The ecosystem services supplied by urban green infrastructure depend on their naturalness, functionality and imperviousness. *Urban Ecosystems, 27*(1), 187-202. doi: 10.1007/s11252-023-01442-9

Landezine. (2023). Playground. Retrieved 30.05.2023, 2023, from https://landezine.com/?s=playground

Langie, K., Rybak-Niedziółka, K., & Hubačíková, V. (2022). Principles of Designing Water Elements in Urban Public Spaces. *Sustainability, 14*(11). doi:10.3390/su14116877

Peters, K., Elands, B., & Buijs, A. (2010). Social interactions in urban parks: Stimulating social cohesion? *Urban Forestry & Urban Greening, 9*(2), 93-100. doi: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.11.003

Qi, J., Mazumdar, S., & Vasconcelos, A. C. (2024). Understanding the Relationship between Urban Public Space and Social Cohesion: A Systematic Review. *International Journal of Community Well-Being, 7*(2), 155-212. doi: 10.1007/s42413-024-00204-5

Remme, R. P., Frumkin, H., Guerry, A. D., King, A. C., Mandle, L., Sarabu, C., . . . Daily, G. C. (2021). An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 118*(22), e2018472118. doi: 10.1073/pnas.2018472118

Sundevall, E. P., & Jansson, M. (2020). Inclusive Parks across Ages: Multifunction and Urban Open Space Management for Children, Adolescents, and the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(24). doi:10.3390/ijerph17249357

Swyngedouw, E., KaÏKa, M., & Castro, E. (2002). Urban Water: A Political-Ecology Perspective. *Built Environment (1978-), 28*(2), 124-137.

Whalley, J. M. (1988). Water in the landscape. *Landscape and Urban Planning, 16*(1), 145-162. doi: https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90040-0

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DİYARBAKIR KENT MERKEZİNİN ENGELSİZ PEYZAJ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Medine ÇELİK

Candidate PhD., Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Erzurum-Türkiye clkmedine21@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3734-0979

Mehmet Akif IRMAK

Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum-Türkiye mairmak@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8285-5341

ÖZET

Engellilerin erişebilirlik hakkı toplumların çağdaşlık düzeyini gösteren önemli bir ölçüttür. Kentlerin, engelli bireylerin yaşamını kolaylaştıracak şekilde düzenlenmesi, sosyal eşitlik ve insan hakları açısından temel bir gerekliliktir. Kentler, günümüzde insanların yoğun olarak yaşadığı temel yerleşim alanlarıdır ve engellilerin yaşam alanlarındaki en büyük zorluk, erişim sorunlarıdır. Küresel ölçekte, engelli nüfusunun önemli bir kısmı kentsel alanlarda yaşamaktadır, bu da kentlerin erişilebilirliğini sağlamak için engelli politikalarının önemini artırmaktadır. Bu çalışmada Diyarbakır kent merkezindeki engelli bireylerin yaşamını kolaylaştıracak erişilebilir tasarım yaklaşımı çerçevesinde değerlendirmek amaçlanmıştır. Diyarbakır kent merkezindeki önemli kent parkları, caddeler, tarihi alanlar (Otogar caddesi, Sur caddesi, Hz. Süleyman Cami, Gazi caddesi, Dağkapı meydanı, Kent meydanı, Cadde 75, Park 75) değerlendirilmiştir. Bu alanlarda erişilebilirliğin olduğu ve olmadığı alanlar fotoğraflanarak görsellerinin analizi Türkiye Cumhuriyeti tarafından hazırlanan Erişilebilirlik Kılavuzuna ait örneklerle yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda engellilerin kullanımına uygun tasarım uygulamalarının yapılmasının yanında birçok yerde de engellilerin kullanımı açısından zorluklar yaratacak eksiklikler olduğu belirlenmiştir. Kaldırımların üzerindeki hissedilebilir alanların eksikliği, ızgara yönlerinin yanlış olduğu, işaret levhalarının yüksekliklerinin standart ölçüde olmadığı, ağaçların kaldırım geçişlerini engellediği, rampaların ve kaldırım ölçülerinin hatalı olduğu saptanmıştır. Rastgele yapılan engelli alan tasarımları uzmanlar eşliğinde engelliler için evrensel standart kılavuzu kullanılarak çalışmalar sürdürülmelidir.

Anahtar kelime: Erişilebilir Kent, Engellilik, Engelsiz Peyzaj, Diyarbakır

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EVALUATION OF DIYARBAKIR CITY CENTER IN TERMS OF OBSTACLED LANDSCAPE

Medine ÇELİK

Candidate PhD., Ataturk University, Institute of Natural and Applied Sciences Department of Landscape Architecture, Erzurum-Türkiye clkmedine21@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3734-0979

Mehmet Akif IRMAK

Prof. Dr., Atatürk University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Erzurum-Türkiye mairmak@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8285-5341

ABSTRACT

The right of access of disabled people is an important criterion that shows the modernity of societies. Organizing cities to facilitate the lives of disabled people is a fundamental necessity in terms of social freedom and human rights. Cities are the main residential areas where people live densely today, and the biggest difficulties in the living spaces of disabled people are access problems. On a global scale, a significant portion of the disabled population lives in urban areas, which increases the importance of disability policies to ensure the accessibility of cities. In this study, it is aimed to evaluate within the framework of an accessible design approach that will facilitate the lives of disabled individuals in Diyarbakır city center. Important city parks, streets and historical areas in Diyarbakır city center (Bus Terminal Street, Sur Street, Hz. Süleyman Mosque, Gazi Street, Dağkapı Square, City Square, Street 75, Park 75) were evaluated. In these areas, areas with and without accessibility were photographed and the images were analyzed with examples from the Accessibility Guide prepared by the Republic of Turkey. As a result of the examinations, it was determined that in addition to the design applications suitable for the use of disabled people, there are deficiencies in many places that will create difficulties for the use of disabled people. It has been determined that there is a lack of tactile areas on the pavements, the grid directions are wrong, the heights of the signboards are not standard, trees block the pavement passages, and the ramps and pavement dimensions are incorrect. Randomly designed disabled area designs should be carried out using the universal standard guide for disabled people, accompanied by experts.

Key words: Accessible City, Disability, Barrier-Free Landscape, Diyarbakır

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

Zihinsel fiziksel veya sosyal yeteneklerin kaybı engellilik olarak bilinmektedir. Çeşitli sebeplerden dolayı farklı oranlarda, yaşam içindeki sürece uyum sağlayamama, günlük ihtiyaçlarını karşılayamama olarak tanımlanmaktadır (Tuğluer ve Ekren, 2022).

Erişebilirlik sadece bir yerin fiziksel olarak ulaşılabilir olması değil, aynı zamanda insanların günlük yaşamlarını kolaylaştıracak şekilde düzenlenmiş bir ortamı ifade etmektedir. Bu, toplumun tüm bireylerinin eşit haklarla hizmetlerden yararlanabilmesini sağlamak adına önemli bir kavramdır (Keleş, 1998).

Erişebilirlik standartları oluşturma girişimi ilk kez 1961 yılında ABD'de Bedensel Engelliler ve Çevreleri adlı Stockholm konferansı sonrasında ortaya çıkmıştır (Şat ve Göver, 2017).

Engelliler dışında hareket kısıtlılığı olan gruplar şu şekilde sıralanabilir (TSE, 2011);
• Yaşlılar ve çocuklar
• Çok uzun ya da çok kısa boylular
• Aşırı kilolular
• Geçici engelliler

Kentlerdeki çevre şartları her geçen gün değişiklik gösterip, yaşam standartları zorlaştıkça erişilebilirlik standartları da buna paralel olarak gelişmiştir (Doğan,2017).

Erişebilirlik, yalnızca bir kişinin bir yere veya hizmete ulaşabilmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda bu ulaşımın bağımsız, güvenli ve kesintisiz olması gerektiğini ifade eder. Buradaki "bağımsızlık" ifadesi, bireylerin yardım almadan, kendi ihtiyaçlarına göre hareket edebileceği bir ortamın varlığına işaret eder. Erişilebilirlik, sosyal hayatın her alanında eşit fırsatlar yaratmak amacıyla tasarlanmalıdır. Bu da demektir ki, bir toplumun üyeleri, yaşadıkları yerin sunduğu tüm imkanlardan eşit şekilde faydalanabilmeli ve bu hizmetlere erişim engelleri olmamalıdır (Çiftçi vd., 2017: Akın ve Önal, 2016).

Erişilebilirlik herkesin, istediği her yere ve her hizmete, bağımsız ve güvenli olarak ulaşabilmesi ve bunları kullanabilmesidir (Erişilebilirlik Kılavuzu, 2020).

Tüm insanlar her türü ayrımcılıktan uzak ve bireysel farklılıklarının toplumla bütünleşmeye engel olmadığı bir ortamda yaşama hakkına sahiptir. Bu bağlamda toplumların erişebilirlik düzeyi aynı zamanda bir gelişmişlik göstergesidir. Hedefler engelleri aşmak değil ortadan kaldırmak yönünde olmalıdır.

Rekreasyon alanlarında yapılan tasarımların erişilebilirlik ağı açısından detaylı bir şekilde yürütülmelidir. Erişilebilirlik herkesin her alanda eşit şekilde yararlanabilmesi için büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken birçok faktör vardır. Bu faktörler; erişilebilirlik zincirinin sağlanması, yönetmelik ve standartların dikkate alınması, doğru mesleki disiplinlerle ortak çalışmaktır (Irmak ve Kırmızıbayrak, 2024).

Teknoloji ve fiziksel altyapı iyileştirmeleri, engellilerin topluma katılımını teşvik eder ve onları dışlanmışlık hissinden kurtarır. Özellikle dijital araçlar, erişilebilirlik sağlayan yazılımlar, iletişi, cihazları ve altyapıdaki yenilikler, engelli bireylerin yaşamlarını kolaylaştırmak için büyük bir fırsat sunmaktadır (Bilge ve Irmak, 2021).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Toplumların erişebilirlik düzeyinin, o toplumun gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Erişilebilirlik, yalnızca fiziksel mekânlar için değil, aynı zamanda toplumsal hizmetlere, fırsatlara ve kaynaklara erişim açısından da önemli bir belirleyicidir. Bu nedenle, bir toplum ne kadar erişilebilir olursa, o toplumun gelişmişliği ve modernleşmesi de o kadar ileri seviyededir. Erişebilirlik, sadece engelli bireyler için değil, toplumun tüm üyeleri için toplumsal adaletin ve eşitliğin sağlanmasında temel bir unsur olarak kabul edilir (Berkün, 2019).

Kentlerde kısıtlı alanlar yaratan erişilebilirliği engelleyen faktörlerden ön planda olanlar şu şekilde sıralanabilir (Odabaş Uslu ve Güneş, 2017);

- Bozuk ya da kaygan yüzeyler
- Çok yüksek ya da çok dar kaldırımlar
- Ölçüleri uygun olmayan rampalar
- İşaret ve uyarıcı levhaların eksikliği, aydınlatılmamış sokaklar
- Kullanıma uygun olmayan kent mobilyaları
- Sesli ve görsel uyarıcıların olmaması nedeniyle hizmet edemeyen ulaşım sistem ve Araçları

Ülkemizde engelli bireylerin çoğunluğu, kentlerin yapılı çevresinde engeller nedeniyle eğitim almak için okula ve hatta bir eğitici kursa dahi gidememektedir (Soykut Sarıca ve Yüksel, 2012).

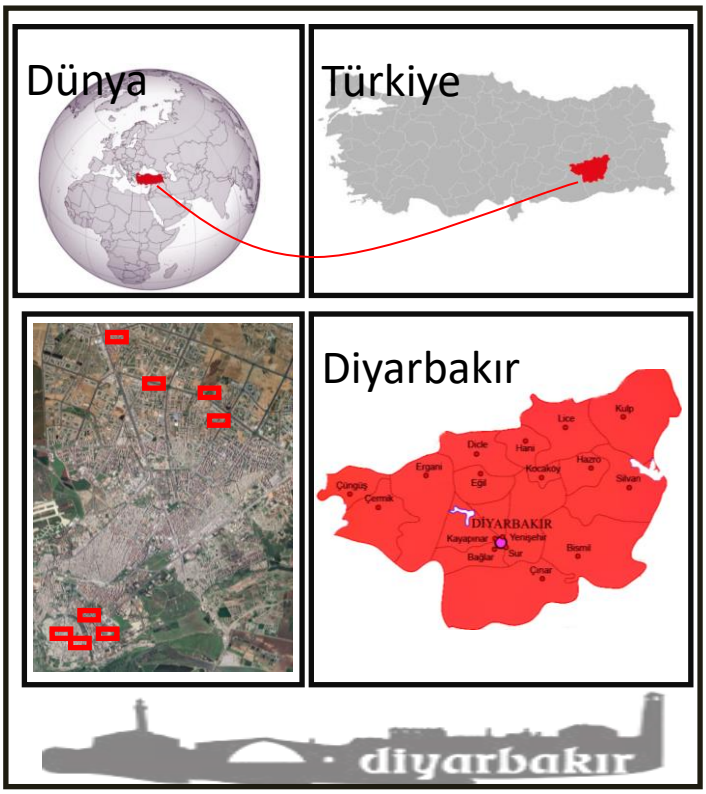
Bu çalışmada Diyarbakır kent merkezindeki engelli bireylerin yaşamını kolaylaştıracak erişilebilir tasarım yaklaşımı çerçevesinde değerlendirmek amaçlanmıştır.

MATERYAL – YÖNTEM

Materyal

Çalışmanın ana materyalini Diyarbakır Surları çevresi, kent merkezindeki caddeler ve kentteki parklar (Otogar caddesi, Sur caddesi, Hz. Süleyman Cami, Gazi caddesi, Dağkapı meydanı, Kent meydanı, Cadde 75, Park 75) oluşturmaktadır. Diyarbakır kenti, sönmüş volkanik Karacadağ' dan Dicle'ye uzanan geniş bazalt platosunun doğu kenarında kurulmuştur. Kent, tarihin her döneminde büyük medeniyetlerin, kültürel ve ekonomik hareketlerin merkezi olmuştur (Yiğit A, 2002). Diyarbakır ilinde kırsal nüfus (456.660 kişi) %27 ve şehirsel nüfus (1243.241) %73'tür. Kırsal nüfus geniş tarım alanları ve önemli hayvancılık potansiyeline sahip alanlarda yoğunlaşmıştır (TÜİK, 2017). Çalışma alanın konum haritası Görsel 1' de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Çalışma alanı konum haritası

Yöntem

Bu çalışma kapsamında Diyarbakır Surları çevresi ve kent merkezindeki caddeler (otogar caddesi, gazi caddesi ve 75. Cadde) ve kentteki parkları (75 park ve Kent Meydanı) Erişilebilirlik mevzuatına göre incelenmiştir. Erişilebilirlik Mevzuatına uygun alanlar ve uygun olmayan alanlar belirlenmiştir. Sahadan çekilen fotoğrafların yanında içerik olarak Türkiye Cumhuriyeti Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından hazırlanan Erişilebilirlik Kılavuzuna (2020) ait örneklerle açıklanmıştır.

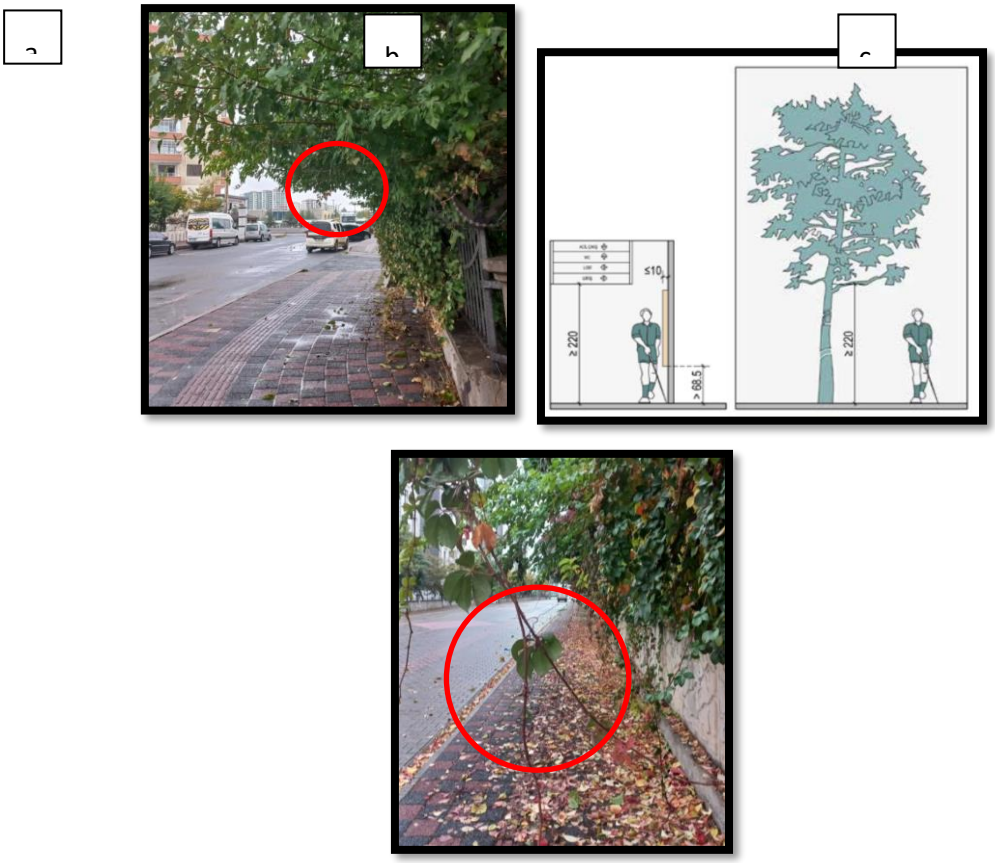
BULGULAR

İncelemesi yapılan alanlar; Otogar caddesi, Sur caddesi, Hz. Süleyman Cami, Gazi caddesi, Dağkapı meydanı, Kent meydanı, Cadde 75, Park 75

Otogar Caddesi erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

- Tüm açık ve kapalı dolaşım alanlarında engelsiz olarak sağlanması gereken alanın düşeydeki net (temiz) yüksekliği en az 220 cm olmalıdır. Bu alanın içinde herhangi bir ağaç dalı, tabela, çıkıntı oluşturacak bir donanım gibi engeller bulunmamalıdır.
- Yürüyüş güzergâhında bulunan duvarlarda yerden 68 cm ile 220 cm arası yüksekliklerde duvara monte edilen nesneler, duvardan en fazla 10 cm çıkıntı yapabilir. Görme engellilerin buradaki çıkıntıyı beyaz bastonla fark edebilmesi için, çıkıntının yerden yüksekliği 68.5 cm' den az olmalıdır (Görsel 2).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Otogar Caddesi Dikeyde Engelsiz Alan Ölçüleri (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020), c; Medine ÇELİK)

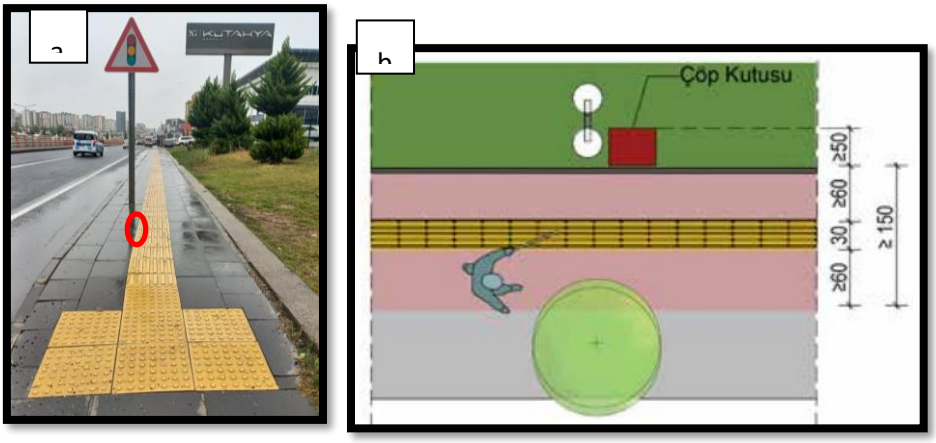
- Kılavuz izin genişliğinin 30 cm - 60 cm arasında olması gerekmektedir. Bu alanlar yatayda bozulmuş döşeme, çukur veya tümsek, çöp kutusu, tabela, ağaç, pano, direk, taşıt engelleyici, tezgah, araba, büfe, duvar, dolap gibi; dikeyde tabela, ağaç dalı gibi engellerden arındırılmış olmalıdır (Görsel 3).



Görsel 3. Otogar Caddesi Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020), c; Medine ÇELİK)

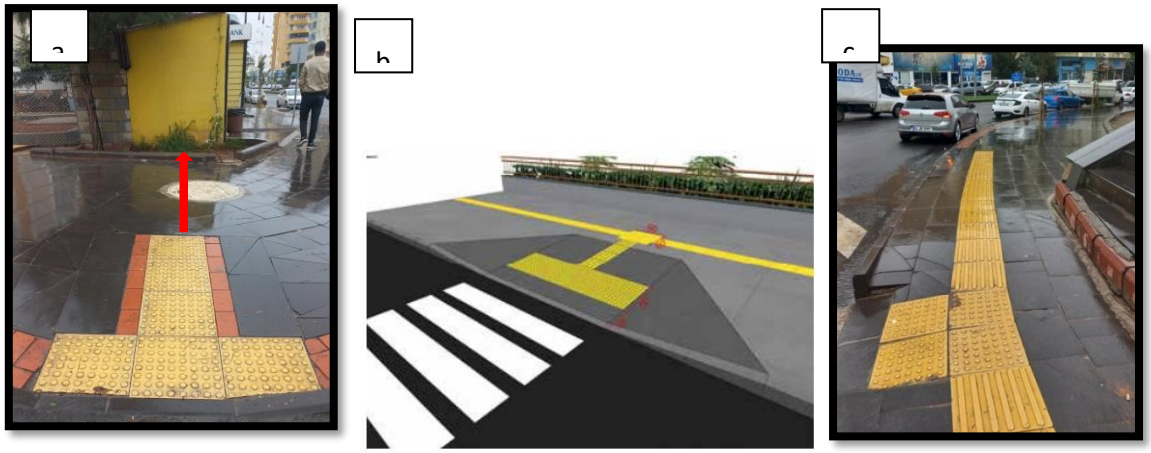
- Hissedilebilir yüzeyin 60 cm sağında ve solunda tabela olmamalıdır (Görsel 4).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Otogar Caddesi Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

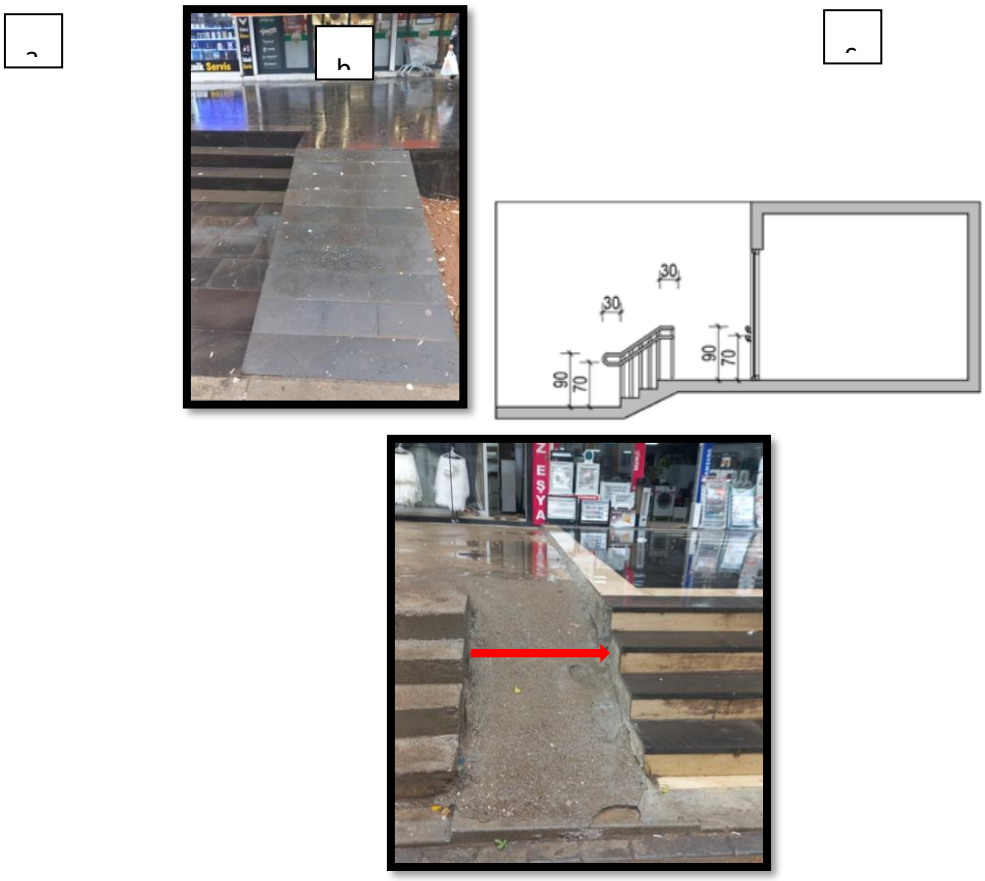
- Yaya geçidinde üç yöne eğimli rampa düzenlendiği durumlarda rampa genişliği yaya geçidi genişliğinde olmalı ve kaldırım boyuncu uygulanmış HYYİ ile bağlantısı sağlanmalıdır (Görsel 5).



Görsel 5. Otogar Caddesi Yaya Geçidinde Üç Yöne Eğimli Rampa (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020), c; Medine ÇELİK)

- Rampa ve sahanlıkların kenarlarında koruma bulunmuyorsa en az 5 cm yüksekliğinde koruma bordürü yapılmalıdır.
- Rampaların net (temiz) genişliği, koruma bordürü ve tırabzan gibi üzerinde bulunan tüm donanımlar hariç en az 100 cm olmalıdır (Görsel 6).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Otogar Caddesi Rampa Örneği (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020), c; Medine ÇELİK)

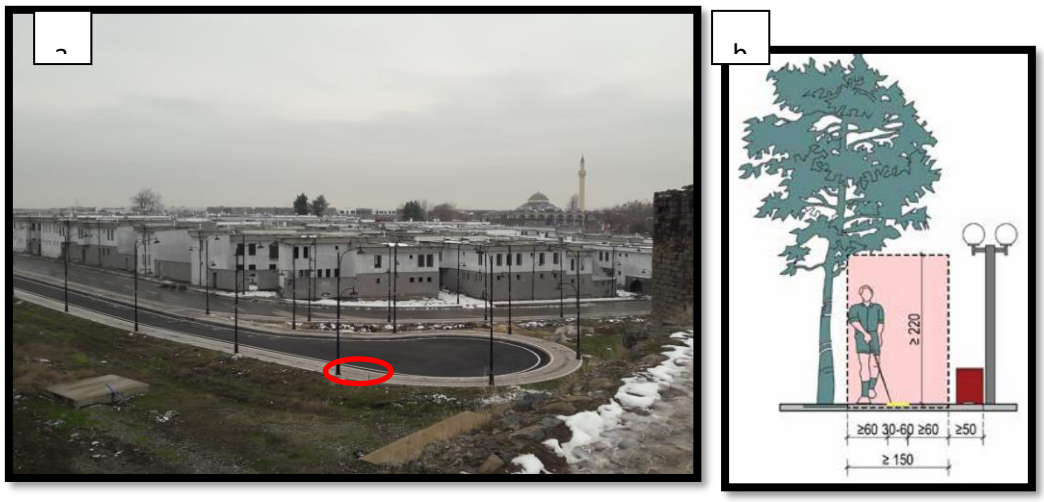
Sur Caddesi erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

- Kaldırım üzerinde insanların ve engellilerin geçişini engelleyen panolar olmamalıdır.
- Hissedilebilir yüzey kanalizasyon kapaklarıyla kesilmemelidir.
- Kaldırım ölçüleri uygun olmasına rağmen kafe sandalyeleri engelli geçişini engellemektedir (Görsel 7).



Görsel 7. Sur Caddesi Kaldırımda Kullanılan Hissedilebilir Yüzeylerin Kullanımı (Ft: Medine ÇELİK)

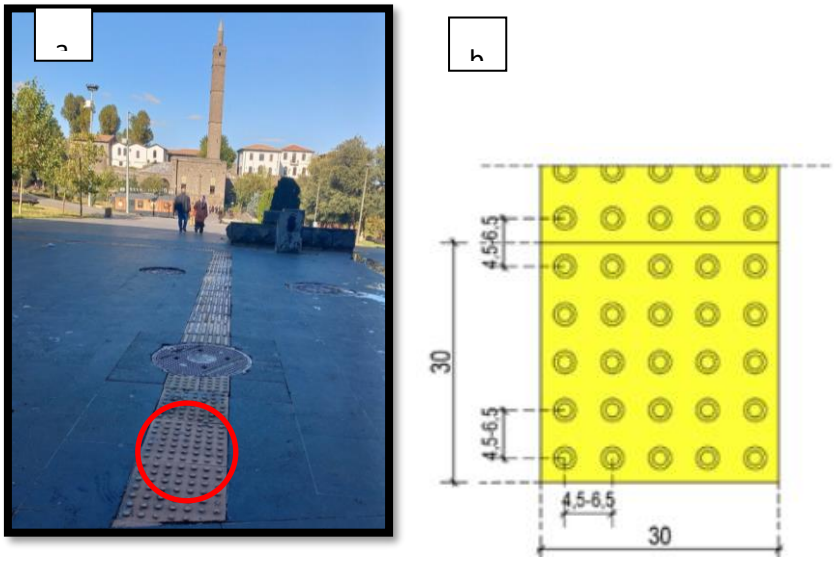
- Kullanım kılavuzuna uygun kaldırım ölçüleri ile yapılmıştır. Kılavuz ve uyarıcı yüzeyin her iki yanında, yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahip engelsiz yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 8).



Görsel 8. Sur Caddesi Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

Hz. Süleyman Cami erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

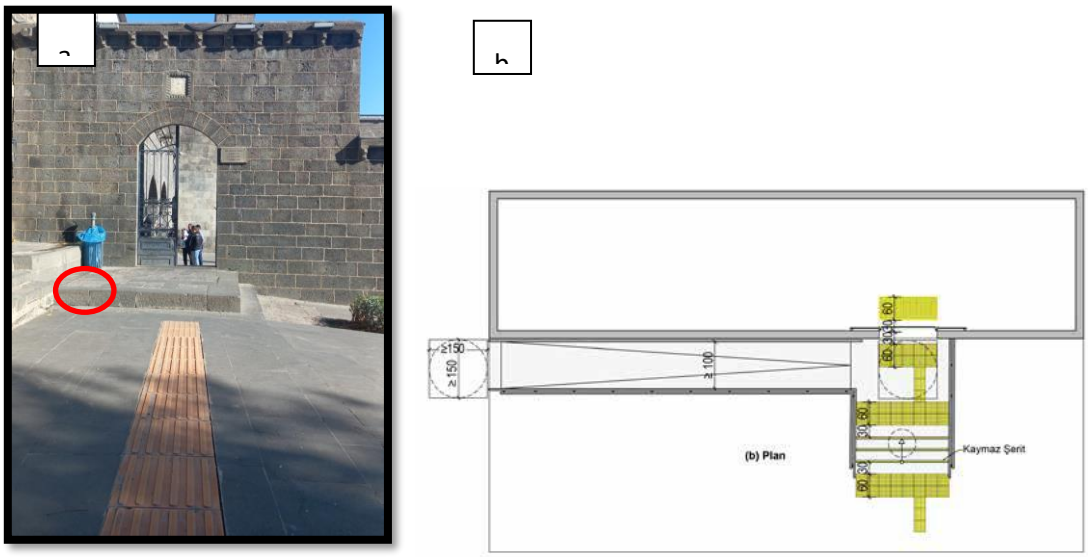
- Kullanım kılavuzuna uygun yapılmıştır. Uyarıcı yüzeylerin uyarıcı profillerinin 4 mm - 5 mm çıkıntı yapması gerekmektedir (Görsel 9).



Görsel 9. Hz. Süleyman Cami Uyarıcı Yüzey (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

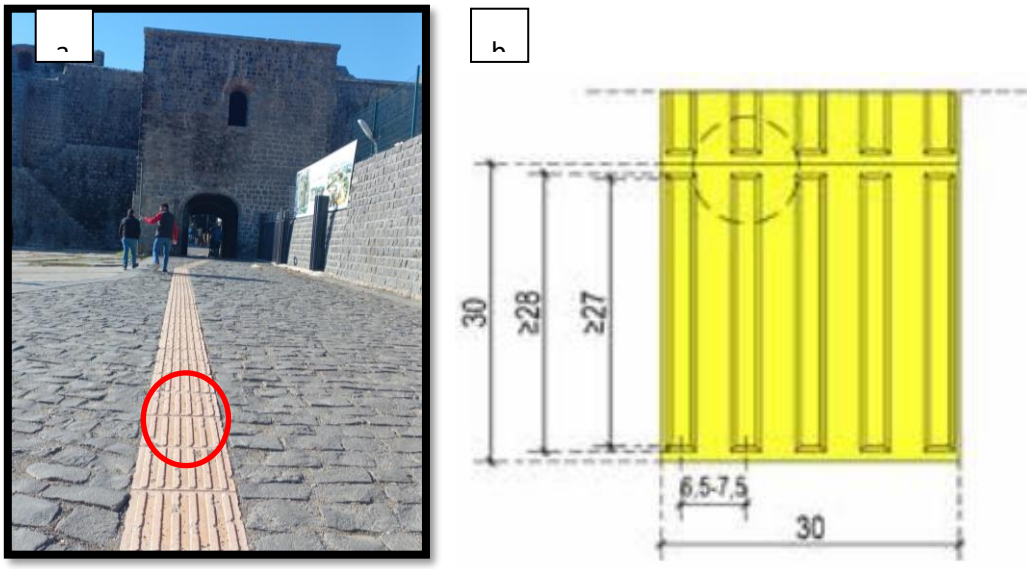
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

- Cami girişinde 6 mm' nin üstünde rampa gerekli. Rampaların net (temiz) genişliği, koruma bordürü ve tırabzan gibi üzerinde bulunan tüm donanımlar hariç en az 100 cm olmalıdır (Görsel 10).



Görsel 10. Hz. Süleyman Cami Bina Girişi Düzenlemesi (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

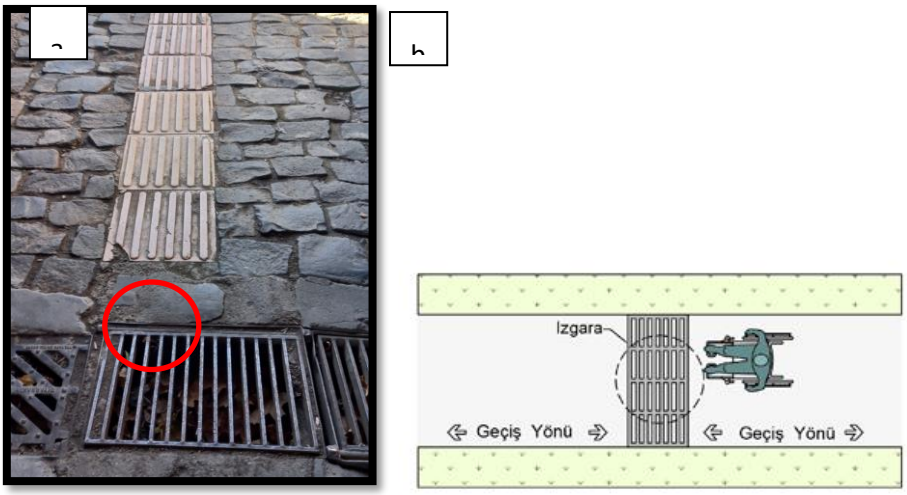
- Kullanım kılavuzuna uygun yapılmıştır. Kılavuz yüzey genişliğinin 30 cm - 60 cm arasında olması gerekmektedir. Kılavuz çıkıntılarının 4 mm-5 mm çıkıntı yapması gerekmektedir (Görsel 11).



Görsel 11. Hz. Süleyman Cami Kılavuz Yüzey (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Drenaj ızgaralarının aralıkları yürüyüş yoluna paralel olduğunda tekerlekli sandalye, bebek arabası gibi araç gereçlerin tekerleğinin ızgara aralığına sıkışıp kalmasına neden olmaktadır. Izgara aralıklarındaki boşluklar ise en fazla 13 mm olmalıdır (Görsel 12).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 12. Hz. Süleyman Cam Izgara Aralıkları(Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

Gazi Caddesi erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

- Hissedilebilir yüzeyin sol tarafından 60 cm sağ tarafından 60 cm olmalı ve engel barındırmamalıdır.
- 2.20 m'lik kuralına uymayan tabela konmuştur.
- Hissedilebilir yüzey ağaç gövdesinden uzaklaştırılmalıdır (Görsel 13).



Görsel 13. Gazi Caddesi Kaldırımda kullanılan hissedilebilir yüzeylerin kullanımı

Dağkapı Meydanı erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

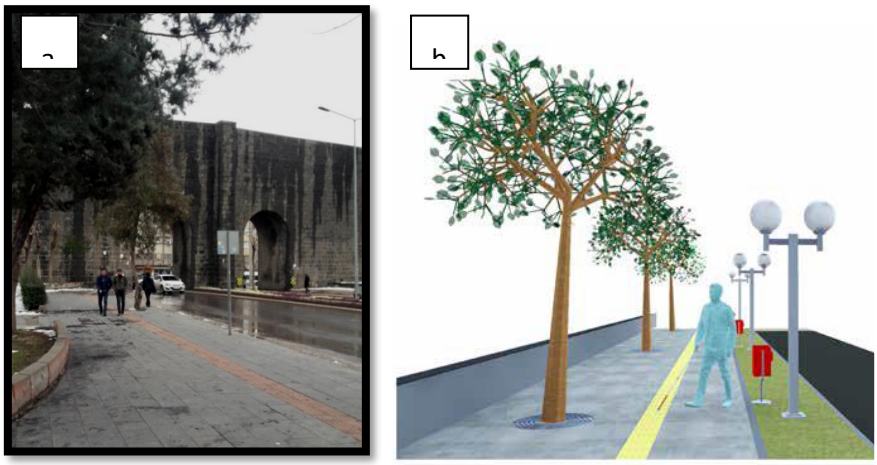
- Hissedilebilir yüzeylerde mümkün olan en kısa güzergâh seçilmeli ve aynı malzeme çeşidi ile süreklilik sağlanmalıdır (Görsel 14).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 14. Dağkapı Meydanı Tek Yöne Eğimli Rampa (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Kullanım kılavuzuna uygun kaldırım yapılmıştır. Kılavuz ve uyarıcı yüzeyin her iki yanında, yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahiptir. Engelden arındırılmış yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 15).



Görsel 15. Dağkapı Meydanı Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

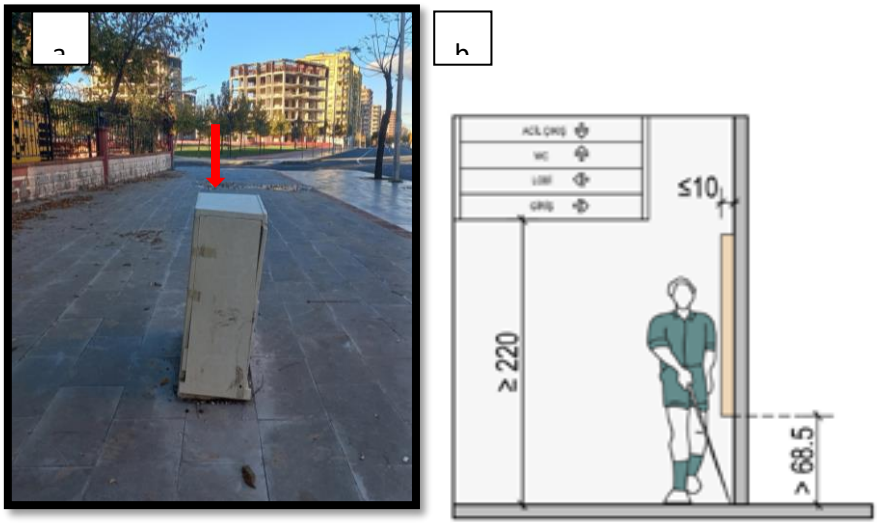
Kent Meydanı erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

- Kullanım kılavuzuna uygun yol geçişleri sağlanmıştır. Kılavuz ve uyarıcı yüzeyin her iki yanında, yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahiptir. Engelden arındırılmış yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 16).



Görsel 16. Kent Meydanı Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Kaldırım üzerinde geçişi engelleyecek elektrik kutuları bulunmamalıdır (Görsel 17).



Görsel 17. Kent Meydanı Dikeyde Engelsiz Alan Ölçüleri (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

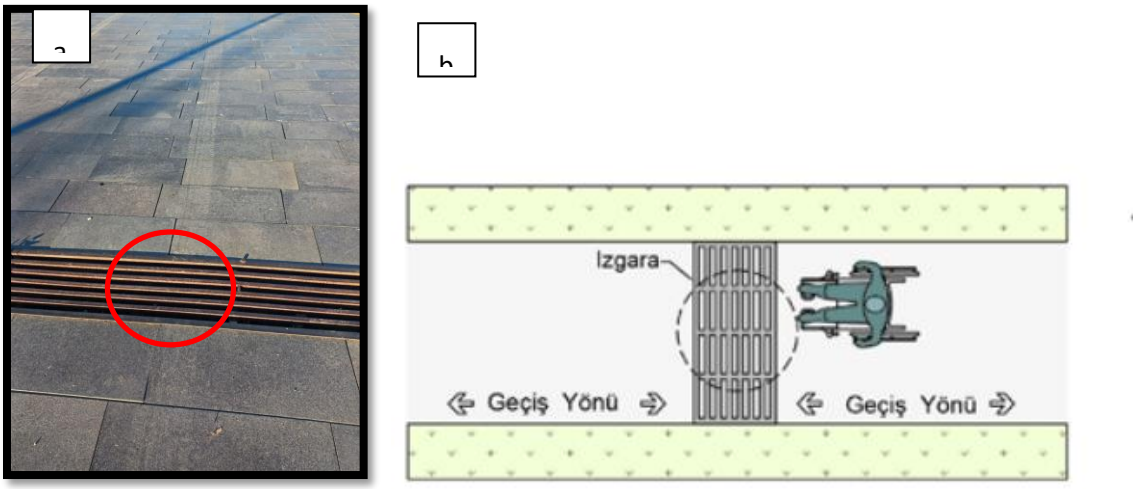
- Tüm açık ve kapalı dolaşım alanlarında engelsiz olarak sağlanması gereken alanın düşeydeki net (temiz) yüksekliği en az 220 cm olmalıdır (Görsel 18).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 18. Kent Meydanı Dikeyde Engelsiz Alan Ölçüleri (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

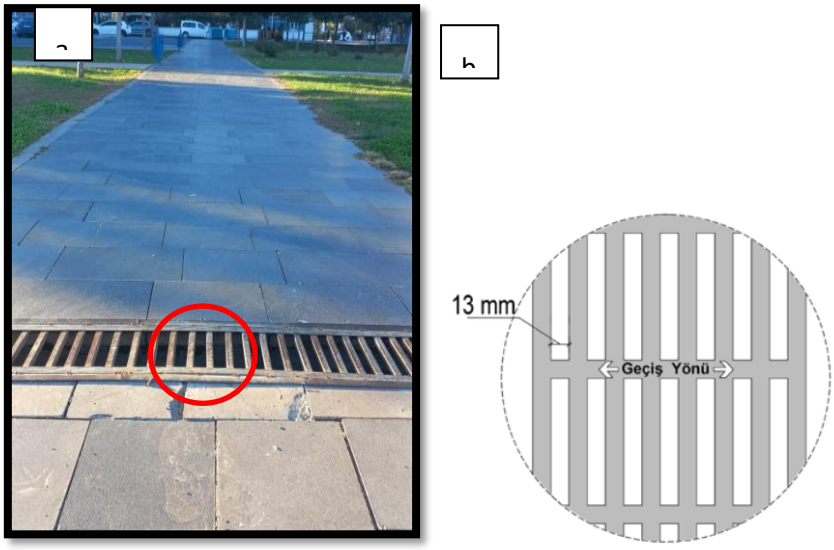
- Izgara aralıkları geçiş yönüne paralel yapılmıştır. Kullanım kılavuzuna uygun drenaj ızgarası yapılmıştır (Görsel 19).



Görsel 19. Kent Meydanı Izgara Aralıkları (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Izgaranın yönü, geçiş yönüne dik düzenlenmelidir. Izgara aralıklarındaki boşluklar ise en fazla 13 mm olmalıdır (Görsel 20).

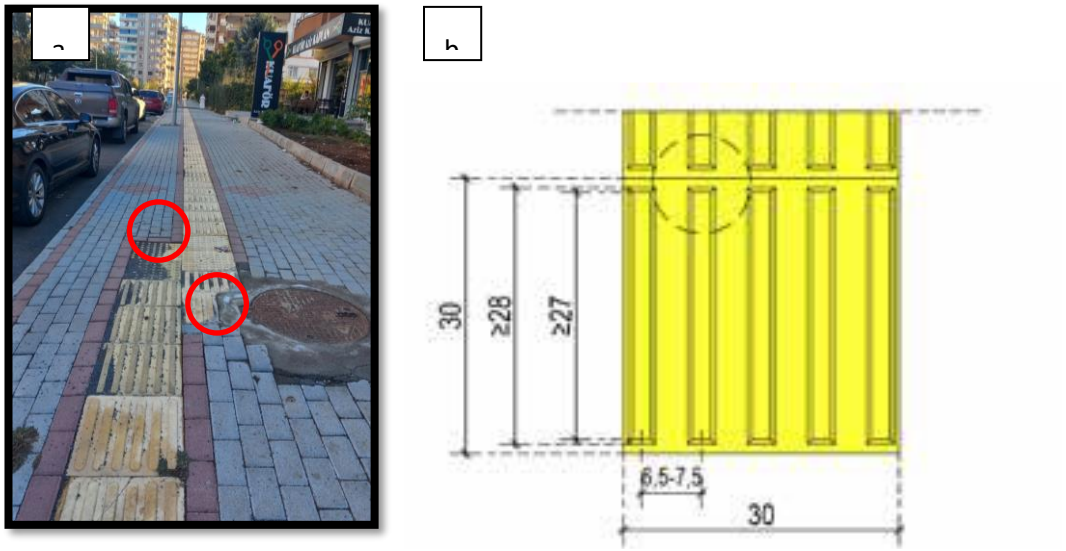
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 20. Kent Meydanı Izgara Aralıkları (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

Cadde 75 erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

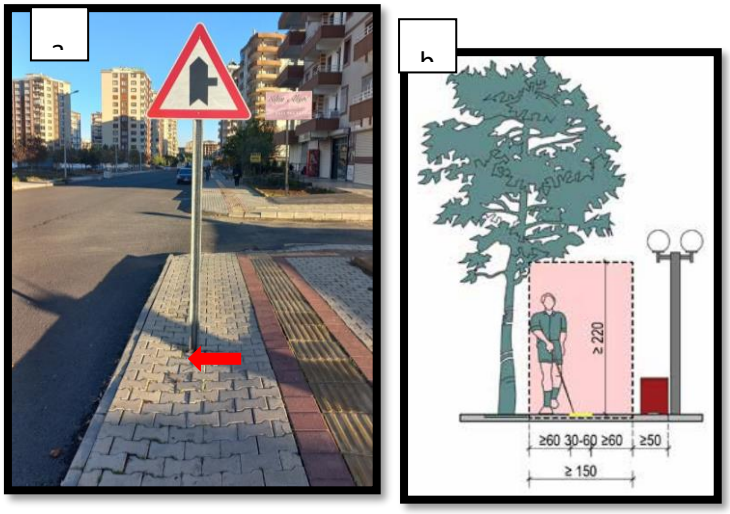
- Hissedilebilir yüzeyler birbirini takip etmek zorundadır. Kılavuz yüzey genişliğinin 30 cm - 60 cm arasında olması gerekmektedir. Kılavuz çıkıntılarının 4 mm-5 mm çıkıntı yapması gerekmektedir (Görsel 21).



Görsel 21. Cadde 75 Kılavuz Yüzey (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

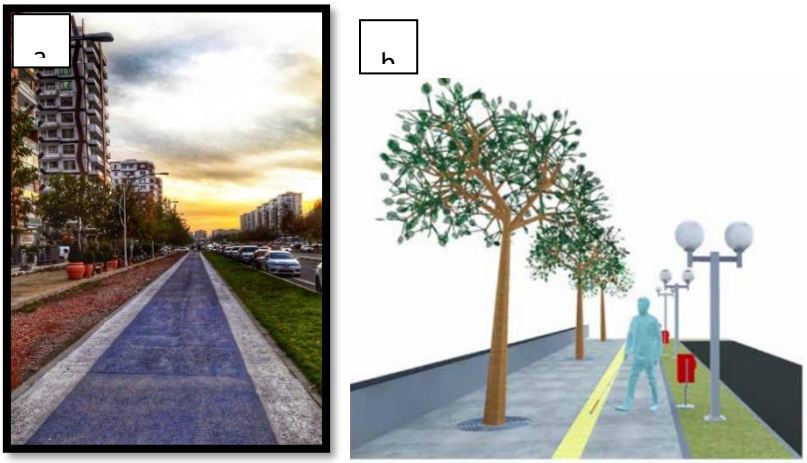
- Kaldırımın 60 cm sağında 60 cm solunda yön ve tabelalar yer almamalıdır (Görsel 22).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 22. Cadde 75 Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

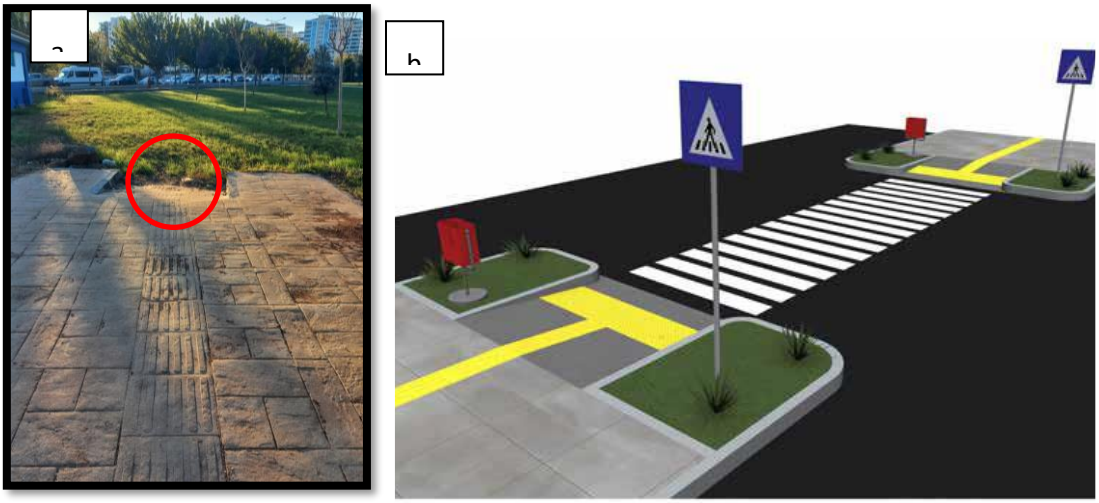
- Kullanım kılavuzuna uygun yürüyüş yolları. Kılavuz ve uyarıcı yüzeyin her iki yanında, yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahiptir. Engelden arındırılmış yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 23).



Görsel 23. Cadde 75 Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

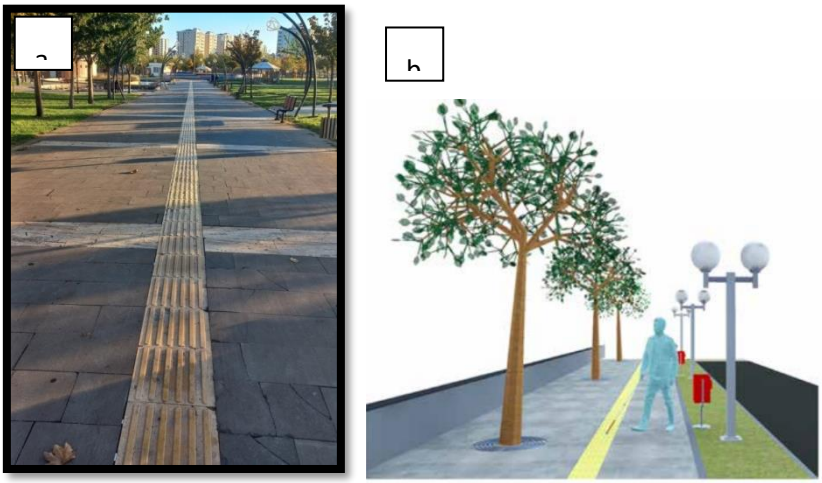
Park 75 erişilebilirlik açısından değerlendirildiğinde;

- Çim yüzeyle biten hatalı kaldırım rampa kullanımı (Görsel 24).



Görsel 24. Park 75 Tek Yöne Eğimli Rampa (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

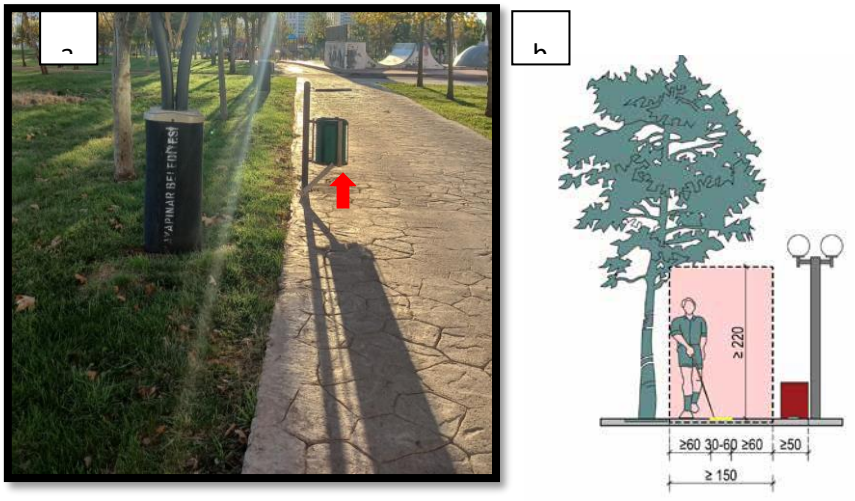
- Kullanım kılavuzuna uygun kaldırım kullanımı. Kılavuz ve uyarıcı yüzeyin her iki yanında, yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahiptir. Engelden arındırılmış yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 25).



Görsel 25. Park 75 Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

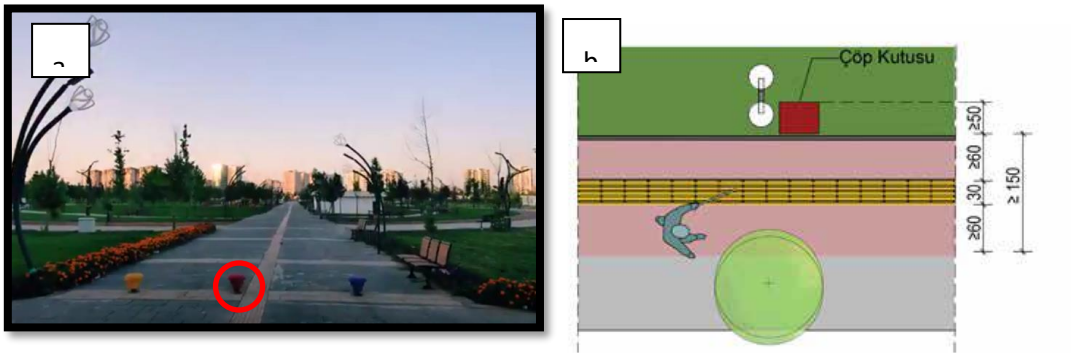
- Çöp kutusu ölçüleri engel aşımına uygundur. En az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahip engelsiz yürüyüş alanı düzenlenmiştir (Görsel 26).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



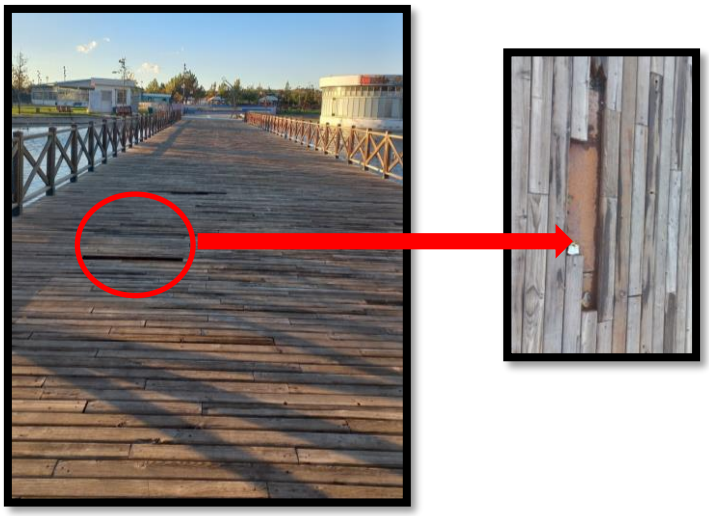
Görsel 26. Park 75 Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: a; Medine ÇELİK, b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Hissedilebilir yüzey yanında erişim kısıtlanmamalıdır (Görsel 27).



Görsel 27. Park 75 Açık Alanda Kılavuz Yüzey Uygulaması (Ft: b:Erişilebilirlik Kılavuzu, (2020))

- Erişimi sağlayamayan ahşap zemin hatalı kullanımı (Görsel 28).



Görsel 28. Ahşap köprü engelsiz olmayan yüzeylerin kullanımı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TARTIŞMA VE SONUÇ

Diyarbakır kent merkezinde incelemesi yapılan alanlar; Otogar caddesi, Sur caddesi, Hz. Süleyman Cami, Gazi caddesi, Dağkapı meydanı, Kent meydanı, Cadde 75, Park 75' te engellilerin kullanımına uygun tasarım uygulamalarının yapılmasının yanında birçok yerde de engellilerin kullanımı açısından zorluklar yaratacak eksiklikler olduğu belirlenmiştir.

Otogar caddesindeki kaldırımlarda düşeyde net yükseklik ölçüsü hatalı olup ağaç dalları gibi engeller bulunmaktadır. Kaldırımlarda hissedilebilir yüzeylerin üzerini tabela, otobüs durağı, elektrik direği gibi nesneler kesmektedir. Kaldırımların rampa genişliği normal olup hissedilebilir yüzeylerin devam ettiği ve bazı noktalarda da hissedilebilir yüzeylerin kesildiği görülmüştür. Rampaların tırabzan ve bordürlerinin eksik olduğu belirlenmiştir.

Sur Caddesindeki kaldırım ölçüleri uygun olmasına rağmen kanalizasyon kapakları, panolar ve kafe sandalyeleri hissedilebilir yüzeyleri keserek engelli geçişini engellemektedir. Bazı alanlarda kullanım kılavuzuna uygun kaldırım ölçüleri ile yapılmıştır.

Hz. Süleyman Camindeki alanlarda uyarıcı yüzey kullanımlarının hatasız olduğu belirlenmiştir. Cami girişinde rampanın eksik olduğu tespit edilmiştir. Alan içinde hissedilebilir yüzeylerin kullanım kılavuzuna uygun şekilde yapıldığı görülmüştür. Drenaj ızgara aralıklarının yürüyüş yoluna paralel olmadığı tekerlekli sandalye, bebek arabası gibi araç gereçlerin tekerleğinin ızgara aralığına sıkışıp kalmasına neden olabileceği görülmüştür.

Gazi Caddesindeki kaldırımların kullanım kılavuzuna uygun yapılmadığı ve hissedilebilir yüzeyler üzerinde engel barındığı görülmüştür.

Dağkapı Meydanında kullanım kılavuzuna uygun yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma mesafesine sahip kaldırımların olduğu tespit edilmiştir.

Kent Meydanındaki bazı alanlarda kullanım kılavuzuna uygun yol geçişleri sağlanmıştır. Bazı alanlarında da kaldırım üzerinde geçişi engelleyecek panolar ve ağaç dalları yer almaktadır. Bazı alanlarda Drenaj ızgaraları kullanım kılavuzuna uygun geçiş yönüne paralel yapılmıştır. Bazı alanlarında da drenaj ızgara aralıklarının yürüyüş yoluna paralel olmadığı tekerlekli sandalye, bebek arabası gibi araç gereçlerin tekerleğinin ızgara aralığına sıkışıp kalmasına neden olabileceği görülmüştür.

Cadde 75' te kaldırımlardaki hissedilebilir yüzeylerin birbirini takip etmeyip yer yer bozulmaların olduğu görülmüştür. Kaldırım ölçülerinin kullanım kılavuzuna uygun olmadığı engelli geçişini engelleyecek tabelaların olduğu ve düşeydeki net ölçülere uygun tabelaların kullanılmadığı belirlenmiştir. Bazı alanlarında da kullanım kılavuzuna uygun yürüyüş yollarının ve kaldırımlarının olduğu tespit edilmiştir.

Park 75' te kullanım kılavuzuna uygun olmayan çim yüzeyle biten hissedilebilir yüzeylere sahip kaldırımlarının olduğu görülmüştür. Parkın bazı alanlarında da kullanım kılavuzuna uygun yatayda en az 60'ar cm lik genişlikte, dikeyde en az 220 cm yükseklikte baş kurtarma

mesafesine sahip yollarının olduğu belirlenmiştir. Park içinde kullanılan çöp kutularının kullanımı da engel aşımına uygun boyuttadır.

Kentler doku, form, yapı açısından birçok farklı özelliklere sahiptir. Her kentin kendine ait özgünlüğü var olmasıyla alan kullanımları da farklılık yaratarak kullanıcılar için çeşitli olanaklar sunmaktadır (Atabeyoğlu ve Bilge, 2023).

Engelli bireylerin eğitimlerine yönelik yapılan çabaların, toplumsal sorumluluk anlamında önemli bir farkındalık yaratmaktadır. Toplumda daha eşit ve erişilebilir bir yaşam sürdürebilmeleri için çeşitli kentsel ve mimari düzenlemelerin gerekliliğine önem verilmelidir. Özellikle ulaşımda karşılaşılan zorluklar, yollar ve kaldırımların engelli bireyler için uygun olmaması, engellilerin hakları ve erişim sorunlarını meydana getirmektedir. Şehirlerin tüm bireyler için erişilebilir, sürdürülebilir ve uyumlu hale getirilmesini amaçlayan bir yaklaşım içinde tasarımlar oluşturulmalıdır. Bu ilke, engelli bireylerin de eşit haklara sahip olduğu bir şehir yaşamını teşvik etmeyi hedefleyebilir (Bekçi ve Sipahi, 2022).

Erişilebilirlik zincirinde ilgili düzenleme ve standartların sağlanması kullanım kılavuzuna uygunlukla tasarım ve planlama aşamasında bu alanda uzmanlaşmış kişilerle çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akın, G., Önal, S., 2016.Kentsel Alanların Tasarımında Ergonomik Sorunlar. AÜDTCF Antropoloji Dergisi, 31, ss.51-60.

Atabeyoğlu, Ö., Bilge, G., 2023. Natural approach to urban construct: From leaf to urban. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38 (1), 127-141.

Berkün, S., 2019. Toplumsal Yaşama Tam Katılım İçin Erişilebilir Kentler: Zonguldak Örneği. Uluslar arası Sosyal Bilimler Akademi Araştırmalar Dergisi, 43-52.

Bekçi, B., Sipahi, M., 2022. Mekânsal erişebilirliğin yaya bölgeleri ölçeğinde irdelenmesi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 38:4, 2155-2165.

Bilge, C., Irmak, M.A., 2021. Sivas Kent Merkezinde Yaya Yollarının Fiziksel Engelli Kullanımları Açısından Değerlendirilmesi. Artium, 9(1), 36-46.

Çiftçi, İ., Çağlayan Gümüş, D., Fevzioğlu, G., Ayanoğlu, S., Sayan, T., 2017. EriGilebilirlik Gzleme ve Denetleme Formları. Ankara: Aile ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayını, Yayın 01.

Doğan, Ö. E., 2017. Evrensellik ve Erişilebilirliğin Grafik Tasarım Çalışmalarında Kullanımı. Ulakbilge, 5(16), 1677-1692.

Erişilebilirlik Kılavuzu. (2020), T.C. Ministry of Family, Labor and Social Services, Ankara.

Keleş, R., 1998. Kentbilim Terimleri Sözlüğü, Ankara: İmge Kitabevi.

Irmak, M.A., Kırmızıbayrak, E., 2024. Investigation of Principles of Accessibility and Barrier-Free Landcaping in Urban Recreation Areas in Erzurum Historical Core. Architectural Sciences and Outdoor Recreation, 193-219.

Odabaş Uslu, A., Güneş, M., 2017. Engelsiz Kentler-"Herkes İçin Erişilebilir Kentler", Uluslararası Peyzaj Mimarlığı AraĢtırma Dergisi, 1(2), ss.30-36.

Soykut Sarıca, Y. P., Yüksel, E., 2012.Yerel Yönetimlerde Sosyal Sorumluluk Projesi Uygulaması Olarak Sosyal Hayata Katılım: Engelsiz Yaşam. Çalışma İlişkileri Dergisi, 3(1), ss. 48-66.

Şat, N., Göver, T., 2017. Engelliler İçin Belediyelerin Erişilebilirlik Sorumlulukları: Çorum Engel Haritası Projesi. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(1), ss. 521-541.

TSE, 2011. TS 9111 Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler İçin Binalarda Ulaşılabilirlik Gerekleri, Erişim Adresi: http://hissedilebiliryuzeyler.com/pdf/tse9111.pdf (13.06.2019).

Tuğluer, M., Ekren, E., 2022. Kentsel Açık Yeşil Alanların Engelliler İçin Evrensel Standartlar Kılavuzu Kapsamında Değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Engelliler Sevgi Parkı Örneği. Turkish Journal of Forest Science, 6(2), 588-603.

TÜİK, 2017. Nüfus İstatistikleri, Ankara.

Yiğit, A., 2002. Güneydoğu Torosların yöresel etüdü, F.Ü Sosyal Bilimler Dergisi, 12(1): 47–77.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EXAMINING THE SPATIAL CHANGE OF KÜLTÜRPARK FROM THE 1970S TO THE PRESENT THROUGH FILM LANDSCAPE

Dr. Esra ÇETİNKAYA ÖZKAN
Fırat University
esra.cetinkaya.ozkan@gmail.com - ORCID ID 0000-0001-8797-194X

ABSTRACT

Film landscape uses natural or artificial environments, places, and landscapes in a film to visualize the story, create atmosphere, and support the narrative. The film landscape provides a spatial background and functions as a narrative tool that integrates with the characters' theme, emotional tone, and inner world. Landscapes can reflect the socio-cultural structure of a period in films and can detail the geography or spatial dynamics where the story takes place. This paper examines the spatial change of Izmir Kültürpark through Yeşilçam films shot in the 1970s, Ateş Böceği, Baba Bizi Eversene, and Uyanık Kardeşler. In these films, Kültürpark draws attention as a public space that strongly reflects the period's social, cultural, and landscape elements. The pond, water bicycles, walking paths, pavilions, and the natural structure of the park provide clues about the social life of Izmir in that period. In the 1970s, Kültürpark was a recreation area and a focal point where socialization and entertainment were intensely experienced as the central venue of the Izmir International Fair. As of 2024, Kültürpark has undergone a functional transformation within the city's increasing modernization and construction dynamics. The dynamic social areas and activity density depicted in the films have given way to more individual uses. Although the natural environment has been largely preserved, activities such as paddle boats, fair pavilions, and social interaction mechanisms have significantly decreased. In this context, Yeşilçam films provide a significant visual archive to understand the multifunctional structure of Kültürpark in the past and the transformation in the use of public spaces. The study aims to reveal the effects of spatial change on the cultural identity of Izmir by discussing the place of Kültürpark in the city's memory through these three films.

Keywords: Kültürpark, film landscape, spatial change

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1970'LERDEN GÜNÜMÜZE KÜLTÜRPARK'IN MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN FİLM PEYZAJI ARACILIĞIYLA İNCELENMESİ

ÖZET

Film peyzajı, bir filmde yer alan doğal ya da yapay çevrelerin, mekânların ve manzaraların, hikâyeyi görselleştirmek, atmosfer oluşturmak ve anlatıyı desteklemek için kullanılmasıdır. Film peyzajı, mekânsal bir arka plan sunmakla birlikte filmin teması, duygusal tonu ve karakterlerin iç dünyasıyla bütünleşen bir anlatım aracı olarak da işlev görmektedir. Peyzaj, filmlerde bir dönemin sosyokültürel yapısını yansıtabilmekte, hikâyenin geçtiği coğrafyayı veya mekânsal dinamikleri detaylandırabilmektedir. Bu bildiri, İzmir Kültürpark'ın mekânsal değişimini, 1970'li yıllarda çekilen Ateş Böceği, Baba Bizi Eversene ve Uyanık Kardeşler adlı Yeşilçam filmleri üzerinden incelemektedir. Bu filmlerde, Kültürpark; dönemin sosyal, kültürel ve peyzaj öğelerini güçlü bir şekilde yansıtan bir kamusal alan olarak dikkat çekmektedir. Gölet, su bisikletleri, yürüyüş yolları, pavyonlar ve parkın doğal yapısı, o dönemin İzmir'inin sosyal yaşamına dair ipuçları sunmaktadır. Kültürpark, 1970'lerde yalnızca bir rekreasyon alanı değil, aynı zamanda İzmir Enternasyonal Fuarı'nın merkezi bir mekanı olarak, sosyalleşme ve eğlencenin yoğun şekilde yaşandığı bir odak noktasıydı. 2024 yılı itibarıyla Kültürpark, kentin artan modernleşme ve yapılaşma dinamikleri içinde işlevsel bir dönüşüm geçirmiştir. Filmlerde betimlenen dinamik sosyal alanlar ve etkinlik yoğunluğu, yerini daha bireysel kullanımlara bırakmıştır. Doğal çevre büyük ölçüde korunsa da su bisikleti gibi aktiviteler, fuar pavyonları ve sosyal etkileşim mekanizmaları önemli ölçüde azalmıştır. Bu bağlamda, Yeşilçam filmleri, Kültürpark'ın geçmişteki çok işlevli yapısını ve kamusal alan kullanımındaki dönüşümü anlamak için önemli bir görsel arşiv sunmaktadır. Çalışma, bu üç film üzerinden Kültürpark'ın kent belleğindeki yerini tartışarak, mekânsal değişimin İzmir'in kültürel kimliği üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kültürpark, film peyzajı, mekânsal değişim

1. GİRİŞ

Film peyzajı, sinema eserlerinde mekânın estetik, anlatısal ve simgesel bir öğe olarak kullanımını ifade etmektedir. Mekân, film anlatısında yalnızca bir arka plan değil, aynı zamanda karakterlerin duygusal durumlarını yansıtan, hikâyeyi derinleştiren ve tematik anlamlar üreten bir araçtır. Film peyzajı, izleyiciyle kurduğu görsel ve duyusal etkileşim yoluyla, hikâyenin mekânsal bağlamını oluşturmakta ve sinematografik dilin ayrılmaz bir parçası hâline gelmektedir (Lukinbeal, 2005). Özellikle kentsel peyzajlar, bir dönemin toplumsal ve kültürel dokusunu yansıtmakla kalmaz, aynı zamanda mekânın dönüşüm süreçlerine de tanıklık etmektedirler. Bu bağlamda, film peyzajı, sinema aracılığıyla mekânın toplumsal bellekteki yerini pekiştiren ve yeniden üreten bir platform sunmaktadır. Sinema tarihindeki pek çok yapım, mekânsal tasvirleriyle hem estetik hem de kültürel bir miras yaratmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yeşilçam, Türkiye'de sinema endüstrisinin 1950'lerden 1980'lere uzanan altın çağını simgeleyen bir dönem ve kültürel olgudur (Gülçur, 2016). Adını, İstanbul Beyoğlu'ndaki Yeşilçam Sokağı'ndan alan bu dönem, hem sanatsal hem de ticari anlamda Türk sinemasının en üretken ve etkili yıllarını ifade etmektedir. 1960'lar ve 1970'ler, Yeşilçam'ın toplumsal, kültürel ve ekonomik dinamiklerle şekillenen bir halk sineması niteliği kazandığı yıllardır. Bu süreçte melodramlar, komediler, tarihî ve epik anlatılar, sosyal içerikli filmler gibi türlerde yüzlerce film üretilmiştir. Yeşilçam filmleri, bir yandan kentleşme, göç, sınıfsal eşitsizlik ve modernleşme gibi toplumsal meseleleri işlerken, diğer yandan dönemin değer yargılarını ve popüler kültürünü yansıtarak geniş bir izleyici kitlesine hitap etmiştir (Özker, 2024). Türk sinemasının hafızası niteliğindeki bu dönemin, film mekânları ve peyzaj kullanımı açısından da önemli bir estetik ve kültürel miras bıraktığı söylenebilmektedir.

Bu çalışma, İzmir'in simgesel mekânlarından biri olan Kültürpark'ın 1970'lerden günümüze uzanan mekânsal değişimini, Yeşilçam filmlerinde kullanılan film peyzajları aracılığıyla incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, Kültürpark'ın kentsel kimliğini, toplumsal bellekteki yerini ve peyzaj öğelerindeki dönüşümü, sinemanın görsel ve anlatısal gücünden yararlanarak analiz etmeyi hedeflemektedir. Yeşilçam filmlerinin, dönemin kültürel, sosyal ve mekânsal dinamiklerini yansıtma potansiyeli, bu analizin temel dayanağını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın amacı, Kültürpark'ın tarihi ve mekânsal dönüşümüne ışık tutarken, sinema ve peyzaj arasındaki ilişkiyi disiplinlerarası bir perspektifle ele almaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Kültürpark'ın 1970'lerden günümüze mekânsal değişimini analiz etmek için Yeşilçam filmlerinde yer alan sahneler ana materyal olarak kullanılmıştır. Filmler, Kültürpark'ın döneme özgü peyzaj özelliklerini, mekânsal organizasyonunu ve toplumsal işlevlerini yansıtan görsel veriler sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada Kültürpark'ta çekilmiş veya mekânı temsil eden sahneler içeren Yeşilçam filmleri belirlenmiştir. *Ateş Böceği* (1975), *Baba Bizi Eversene* (1975) ve *Uyanık Kardeşler* (1974) filmleri kullanılmıştır. Bu filmler, Kültürpark'ın dönemin sosyal ve kültürel yapısıyla ilişkili mekânsal özelliklerini yansıtan sahneler içermektedir.

Yöntem olarak, öncelikle literatür taraması yapılarak Kültürpark'ın tarihsel gelişimi ve Yeşilçam sinemasındaki yeri hakkında bilgi derlenmiştir. Ardından, seçilen filmlerdeki sahneler, mekânsal kullanım, peyzaj öğeleri ve mekânın sosyo-kültürel bağlamı içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Görsel ve metinsel verilerin bir arada değerlendirilmesiyle, Kültürpark'ın mekânsal dönüşümü sinematografik bir çerçevede ortaya konulmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kültürpark, İzmir'in kent belleğinde ve kamusal yaşamında önemli yer tutan simgesel bir mekândır. 1936 yılında Türkiye Cumhuriyeti'nin modernleşme çabalarının bir parçası olarak, İzmir Yangını'nın harap ettiği alan üzerinde inşa edilmiştir (Kayın, 2015; Çallı 2019). Fuar işleviyle bir yandan ekonomik kalkınmayı desteklemek, diğer yandan kültürel ve sosyal hayatı zenginleştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Uluslararası İzmir Fuarı'nın düzenlenmesiyle, yalnızca bir rekreasyon alanı değil, aynı zamanda ekonomik, kültürel ve sanatsal faaliyetlerin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

merkezi hâline gelmiştir. Bu özellikleri, Kültürpark'ı dönemin modernleşme söylemleri ve kentleşme pratikleri ile uyumlu bir kentsel mekân kılmıştır.

Zaman içinde, Kültürpark'ın mekânsal yapısı ve kullanım biçimleri, İzmir'in büyümesi ve toplumsal dönüşümlerle paralel olarak değişim göstermiştir. 1970'lerden itibaren artan kentleşme baskısı, parkın doğal ve kültürel varlıklarının korunması ile ticari ve rekreatif işlevlerin dengelenmesi konusunda yeni zorluklar yaratmıştır. Mekânın peyzaj tasarımındaki değişiklikler, kullanıcı profili ve işlevsel dağılımı üzerinde etkili olmuş; bu süreçte, parkın film peyzajı olarak kullanımı da Kültürpark'ın toplumsal algısını ve kimliğini şekillendiren bir unsur olarak öne çıkmıştır.

3.1. Ateş Böceği



Görsel 1. Ateş Böceği filmi Lozan kapısı girişinden bir sahne (URL 1) ve günümüz görseli (URL 2)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Görselde, Kültürpark'ın çim alanları ve düzenli şekilde sıralanmış palmiyeler dikkat çekmektedir. Arka planda o dönemin İzmir Enternasyonal Fuarı'nın ikonlarından olan pavyon yapıları ve ağaç dokusu seçilebilmektedir. Yeşilçam filmlerinde bu tür mekânlar genellikle insanların dinlenme, sosyalleşme ve doğayla iç içe olma ihtiyacını vurgulayan bir bağlamda kullanılmaktadır. Alanın düzenli peyzajı, palmiyelerin güçlü bir vurgu unsuru oluşturduğu ve yeşil alanların geniş ölçüde insan kullanımına açık olduğu bir dönemini temsil etmektedir.

Günümüz: Bugün Kültürpark'ın çim alanları kısmen korunmuş olsa da, palmiyelerin çevresinde yoğun bir şekilde gelişen ağaç dokusu nedeniyle bu tür açık ve net görünümler azalmıştır. Pavyon yapılarının büyük çoğunluğu yenilenmiş veya alanın işlevselliği değişmiştir. 1970'lerdeki gibi açık, ferah ve geniş perspektifler yerine daha yoğun bir bitki örtüsü ve bireysel kullanım alanlarına ayrılmış daha izole bölümler dikkat çekmektedir. Gösterişli ve etkinlik odaklı yapılar, günümüzde daha çok rekreatif ve koruma amaçlı alanlara dönüşmüştür.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 2: Ateş Böceği filmi havuz önünden bir sahne (URL 1)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Bu sahne, 1970'ler Kültürpark'ını oldukça simgesel bir mekânda yansıtan bir örnek sunmaktadır. Görselde yer alan geniş havuz, o dönemin peyzaj tasarımına uygun olarak simetriyi ve geometrik düzeni vurgulayan bir tasarımla dikkat çekmektedir. Havuzun içindeki "Ticaret Bankası"na ait reklam unsurları, dönemin hem ticari hem de kültürel atmosferini yansıtırken, çevredeki geniş yeşil alanlar ve palmiyeler de Kültürpark'ın bir rekreasyon alanı olarak kullanımını vurgulamaktadır.

Günümüz: Bu sahnede görülen havuzlar ve onların çevresindeki açık alanlar zamanla mekânsal değişime uğramıştır. Havuzların bir kısmı kaldırılmış ya da farklı işlevlere dönüştürülmüştür. Palmiyelerin düzeni ve alanın geniş açıklığı büyük ölçüde korunmuş olsa da, artan ağaç dokusu ve yeşil alanların daha doğal bir görünüme bürünmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca, günümüzde Kültürpark'ın kullanım biçimi daha çevreci ve sürdürülebilir bir anlayışla şekillenmiştir; örneğin, reklam panoları veya ticari unsurlar neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır.

3.2. Baba Bizi Eversene



Görsel 3: Baba Bizi Eversene filmi palmiyeli yoldan bir sahne (URL 3)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Bu sahne, 1970'lerde İzmir Kültürpark'ın simgesel Palmiyeli Yol'una aittir. Görüntü, dönemin düzenli ve simetrik peyzaj tasarımını yansıtmaktadır. Palmiye ağaçlarının iki sıra halinde kusursuz şekilde dizildiği bu alan, Cumhuriyet Anıtı'na odaklanacak şekilde planlanmıştır. Alan, bakımlı bitki örtüsü ve temiz yollarıyla hem görsel bir estetik sunmakta hem de toplumsal bir buluşma noktası işlevi görmektedir. Bu dönem, peyzaj mimarlığında klasik düzen ve estetik anlayışının hâkim olduğu bir dönemi temsil etmektedir.

Günümüz: Günümüzde Palmiyeli Yol, 1970'lerdeki düzenini büyük ölçüde korumakla birlikte, çevresel koşullar ve kentsel dönüşüm süreçleri nedeniyle farklı bir görünüme dönüşmüştür. Palmiye ağaçları alanın simgesi olmayı sürdürse de, çevresindeki peyzajda bazı değişiklikler gözlemlenmektedir. Modern altyapı ve kentsel ihtiyaçlar, bölgenin işlevselliğini artırmak için bazı müdahaleleri beraberinde getirmiştir. Ayrıca, artan ziyaretçi yoğunluğu ve çevresel etmenler nedeniyle alanın orijinal estetik görünümünün kısmen aşınmış olduğu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

söylenebilmektedir. Bununla birlikte, Palmiyeli Yol, hem İzmir halkı hem de ziyaretçiler için hâlâ önemli bir kültürel ve tarihi alan olarak varlığını sürdürmektedir.



Görsel 4: Baba Bizi Eversene filmi göletten bir sahne (URL 3) ve günümüz görseli (URL 4)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Bu sahne, 1970'lerde Kültürpark'ın içinde yer alan gölet alanını göstermektedir. Dönemin sosyal yaşamını yansıtan bu sahnede, gölette kullanılan pedal tekneler dikkat çekmektedir. Çevredeki yoğun bitki örtüsü ve göletteki mimari detaylar, dönemin peyzaj tasarım anlayışını yansıtmaktadır. Palmiyeler ve su ögeleri gibi tropikal ve estetik unsurlar, hem yerel halkın hem de ziyaretçilerin doğal bir ortamda keyifli vakit geçirebileceği bir atmosfer yaratmıştır. 1970'ler boyunca Kültürpark, dinlenme ve eğlence alanı olarak İzmir'in önemli bir cazibe merkezi olmuştur.

Günümüz: Bugün Kültürpark'taki gölet alanında belirgin değişiklikler görülmektedir. Pedal tekneler gibi aktif kullanıma yönelik unsurlar kaldırılmış, yerine daha statik ve korumacı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bitki örtüsü, çevresel düzenlemeler ve mimari elemanlar zamanla değişime uğramış, bu durum göletin estetik ve işlevsel kimliğini etkilemiştir. Günümüzde alan daha çok pasif dinlenme alanı olarak kullanılmakta ve nostaljik değeri vurgulanan bir peyzaj unsuru haline gelmiştir. Ancak geçmişteki yoğun sosyal aktivitelerin yerini daha sessiz ve sakin bir kullanım biçimi almıştır. Gölet günümüzde aslına uygun olarak yenilenmektedir (URL 4).



Görsel 5: Baba Bizi Eversene filmi Lunapark çarpışan arabalardan bir sahne (URL 3)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): 1970'lerde, görseldeki çarpışan araba alanı, dönemin eğlence anlayışını ve sosyal yaşamını yansıtan önemli bir aktivite alanıdır. Kültürpark, özellikle bu tür eğlence noktalarıyla hem İzmirliler hem de ziyaretçiler için bir cazibe merkezidir. Fotoğrafta yer alan çarpışan araba alanı, klasik tasarımıyla ve çevresindeki tropik bitki örtüsü ile dikkat çekmektedir. Palmiye ağaçları ve parkın doğal peyzajıyla bütünleşen bu alan, dönemin ferah ve keyifli atmosferini yansıtan bir sahne oluşturmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Günümüz: Günümüzde ise çarpışan araba alanlarının yerini daha modern eğlence konseptleri ve teknolojik oyun alanları almış durumdadır. Kültürpark, tarihi değerine uygun olarak daha çok yeşil alanları ve kültürel etkinlikleri ön plana çıkaran bir yaklaşımla yeniden düzenlenmiştir. Ancak, bu tür eski eğlence alanlarının kaybolması, nostaljik bir kayıp olarak değerlendirilmekte ve geçmişteki sosyal yaşamı hatırlatmaya devam etmektedir. Bugünkü peyzaj tasarımı daha sessiz bir eğlence anlayışını teşvik etmektedir.

3.3. Uyanık Kardeşler



Görsel 6: Uyanık Kardeşler filmi fuar alanlarından bir sahne (URL 5)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Bu dönemde Kültürpark'ın düzenlemesi, modern mimarinin etkilerini yansıtan bir yapıya sahiptir. Arka plandaki bina, dönemin uluslararası fuar alanları ve sergi salonlarının bir parçasıdır. Havuzlar ve çevresindeki peyzaj unsurları, sponsorların logoları ve dönemin estetik anlayışını sergileyen detaylarla doludur. Yeşilçam filmlerinde sıkça kullanılan bu alan, geniş çim alanları, su unsurları ve özgün yapısal elemanlarıyla romantik ve doğal bir ortam sunmaktadır. Çevredeki ağaçlar ve bitki örtüsü, alana ferah ve doğal bir görünüm kazandırmaktadır.

Günümüz: Günümüzde Kültürpark'ın bu alanında önemli değişiklikler göze çarpmaktadır. Fotoğraftaki bina yıkılmıştır, mevcut yapılaşma ise farklı bir kullanım amacına evrilmiştir. Havuzların ve çevresindeki sponsor logolarının artık bulunmadığı, bunun yerine daha sade ve modern peyzaj unsurlarının kullanıldığı gözlemlenmektedir. Yeşil alanlar kısmen korunmuş olsa da, alanın genel görünümü geçmişe kıyasla daha yoğun bir yapılaşma ve farklı peyzaj düzenlemeleri ile değişime uğramıştır. Bu değişiklikler, kentin modernleşme sürecinin ve farklı kullanım ihtiyaçlarının bir yansımasıdır.





ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 7: Uyanık Kardeşler filmi Pakistan Pavyonu'ndan bir sahne (URL 5) ve günümüz görseli (URL 6)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Görselde, İzmir Kültürpark'ın nostaljik öğeleri öne çıkmaktadır. Sol tarafta, Pakistan Pavyonu (Evkaf Vakıflar Pavyonu) olarak kullanılan karakteristik yapı, dönemin modern mimari anlayışını yansıtmaktadır. Arka planda sıralanmış palmiyeler ve heykeller, parkın düzenli ve estetik yapısını gözler önüne sermektedir. O yıllarda Kültürpark, sosyal ve kültürel etkinliklerin merkezi olarak kullanılmakta, aynı zamanda sakin bir dinlenme alanı sunmaktaydı.

Günümüz: Fotoğrafın günümüzdeki versiyonunda, Kültürpark'ın bu bölgesinin işlevinde ve fiziksel yapısında değişiklikler gözlenmektedir. Pakistan Pavyonu günümüzde sergi salonu olarak kullanılmaktadır. Dönemin bazı mimari yapıları korunmuş olsa da, yeşil alanların düzenlenmesi ve çevresel peyzaj tasarımlarında modernize edilmiş yaklaşımlar tercih edilmiştir. Ayrıca, artan kentleşme ve nüfus yoğunluğu nedeniyle parkın çevresindeki yapılaşmanın değişmesi, genel atmosfer üzerinde etkili olmuştur. Palmiyeler hâlâ aynı ihtişamla varlığını sürdürürken, bazı heykel ve mimari detaylar, kentsel dönüşüm projeleriyle yenilenmiş ya da yer değiştirmiştir.



Görsel 7: Uyanık Kardeşler filmi trenin yer aldığı sahne (URL 5)

1970'ler (Yeşilçam dönemi): Bu fotoğraf, Kültürpark'ın bir döneme damgasını vuran nostaljik treninin kullanıldığı yıllara ait bir kareyi temsil etmektedir. 1970'lerde çekilmiş olan bu sahnede, tren, dönemin endüstriyel tasarım anlayışını yansıtan bir figür olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevredeki yoğun bitki örtüsü ve düzenli peyzaj, parkın o dönemde doğal ve düzenli bir kullanım alanı olduğunu göstermektedir. Trenin hemen yakınındaki tabelalar ise İzmir'in simgesi olan saat kulesi ve diğer şehir ikonlarını taşıyan görsellerle kentsel kimliğe atıfta bulunmaktadır.

Günümüz: Kültürpark günümüzde bu tür nostaljik trenler yerine yayaların kullanımına uygun düzenlemeler ve modern peyzaj öğeleriyle ön plana çıkmaktadır. Bu alan, geçmişin buhar makineli trenlerinden arındırılarak çevresel sürdürülebilirlik anlayışı doğrultusunda yenilenmiştir. Ancak eski trenin oluşturduğu nostaljik atmosfer, günümüzde parkta bulunmayan bir öğe olarak hatıralarda yer almaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kültürpark'ın 1970'lerden günümüze mekânsal değişimi, bir yandan dönemsel kentleşme dinamiklerini yansıtırken, diğer yandan da İzmir'in kültürel ve tarihi mirasının sürdürülebilir bir şekilde korunması açısından önemli bir inceleme alanı sunmaktadır. Sinema filmleri aracılığıyla elde edilen görseller, parkın geçmişteki estetik, işlevsel ve sosyal önemini gözler önüne sererken, bu görsellerle günümüz arasındaki karşılaştırmalar, değişim sürecinin hem kazanımlarını hem de kayıplarını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Kültürpark'ın mekânsal düzenlemeleri, dönemin ihtiyaçları ve kentleşme anlayışı doğrultusunda değişiklik göstermiştir. Ancak bu süreçte, parkın kentin kimliğini oluşturan bir hafıza mekânı olma özelliği korunmaya çalışılmıştır. Modern peyzaj düzenlemeleri ve sürdürülebilirlik hedefleriyle yenilenen Kültürpark, nostaljik öğelerini büyük ölçüde kaybetmiş olsa da kent halkının yaşamında önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda, Kültürpark'ın geçmişten günümüze mekânsal dönüşümü, İzmir'in kentsel planlama süreçleri ve toplumsal hafıza arasındaki ilişkileri anlamak için önemli bir örnek teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Çalli, F. Ö., *Kamusal Mekan Olarak Kent Parklarının Sosyal Yaşam ve Yer Oluşturma Açısından Önemi-İzmir–Kültürpark Örneği*, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2019.
2. Gülçur, Â. S., *Türk Sinemasında Yeşilçam Dönemi*, Nobel Yayınevi, Ankara, 2016.
3. Kayın, E., *Anımsama ve unutmanın temsilleri: İzmir Enternasyonal Fuarı ve Kültürpark'ın hafıza katmanları.* A. Yılmaz, K. Kılınç ve B. Pasin, (Ed.). *İzmir Kültürpark'ın* anımsa(ma)dıkları: temsiller, mekanlar, aktörler içinde (35-76). İstanbul: İletişim Yayınları, 2015.
4. Lukinbeal, C., Cinematic Landscapes, Journal of Cultural Geography, Sayı 23:1, s.3-22, 2005. doi:10.1080/08873630509478229
5. Özker, S., Yeşilçam Sinemasında Anlatısal Yapının Mekân Kullanımına Etkisi: Yüksek Yeşilçam Dönemi (1960-1975*)*, Sanat ve Tasarım Dergisi, *14*(1), 512-532, 2024.
6. URL 1 https://www.youtube.com/watch?v=wI8UefXOcF4 (Erişim tarihi: 24.12.2024)
7. URL 2 https://maps.app.goo.gl/CAPL3qPmvb1mYz5A8 (Erişim tarihi: 24.12.2024)
8. URL 3 https://www.youtube.com/watch?v=_zEmwA5qwZw (Erişim tarihi: 24.12.2024)
9. URL 4 https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/kulturpark-ada-ve-gol-gazinolari-yeniden-doguyor/49162/156 (Erişim tarihi: 24.12.2024)
10. URL 5 https://www.youtube.com/watch?v=CL9UmZmzPZ0 (Erişim tarihi: 24.12.2024)
11. URL 6 https://maps.app.goo.gl/1RNgz2eAnBonZ8ae6 (Erişim tarihi: 24.12.2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yat Verniği Uygulanmış Teak (*Tectona grandis* L.) Ahşabında Bazı Yüzey Özellikleri Üzerine Farklı Kat Sayılarının Etkileri

Doç. Dr. Göksel ULAY[1], Doç. Dr. Ümit AYATA[2]

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816,

[2*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye,
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Tik ağacına ait kerestesi, günümüzde birçok ahşap işleyen endüstri kuruluşlarında kullanılmaktadır (gemi yapımı, mobilya ve genel marangozluk, vb.). Bu araştırmada, yat verniği uygulanmış teak (*Tectona grandis* L.) ahşabında bazı yüzey özellikleri (beyazlık indeks: *WI**, renk parametreleri [kroma (*C**) değeri, sarı (*b**) renk tonu, ışıklılık (*L**) değeri, kırmızı (*a**) renk tonu ve ton (h^o) açısı değeri] ve parlaklık değerleri) üzerine farklı kat sayılarının (1 ve 2) etkileri araştırılmıştır. Yapılan vernik uygulamaları sonrasında kontrol örneklerine kıyasla *C**, *b**, *a** parametreleri, bütün derecelerde ve yönlerdeki parlaklık değerlerinde artışlar bulunurken, *L** ve h^o değerleri ile her iki yöndeki *WI** değerlerinde azalışlar tespit edilmiştir. Bütün varyans analizleri anlamlı bulunmuştur. Δ*E** değerleri 1 kat ile 10.31 ve 2 kat ile 11.56 olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Teak odunu, renk, yat verniği, parlaklık, beyazlık indeksi

The Effects of Different Coat Numbers on Certain Surface Properties of Teak (*Tectona grandis* L.) Wood Coated with Yacht Varnish

Abstract

Teak wood is widely used in various wood-processing industries today (shipbuilding, furniture, general carpentry, etc.). In this study, the effects of different coat numbers (1 and 2) of yacht varnish on certain surface properties (whiteness index: *WI**, colour parameters [chroma (*C**), yellow (*b**) colour tone, lightness (*L**), red (*a**) colour tone, and hue angle (h^o) values], and gloss values) of teak (*Tectona grandis* L.) wood were investigated. Following the varnish applications, compared to the control samples, increases were observed in *C**, *b**, and *a** parameters, as well as in gloss values across all levels and directions. However, decreases were noted in *L** and h^o values, as well as in *WI** values in both directions. All variance analyses were found to be significant. The Δ*E** values were obtained as 10.31 with one coat and 11.56 with two coats.

Keywords: Teak wood, colour, yacht varnish, gloss, whiteness index

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. Giriş

Kullanım sırasında bir ahşap parçasını mümkün olduğunca korumak için bitirme ürünlerinin kullanımı esas olmaktadır. Bu amaç için vernikler, boyalar ve lekeler gibi çeşitli ürünler mevcut olsa da, bu uygulamaların ahşap rengi ve pürüzlülüğü üzerindeki etkisi hakkında çok az şey bilinmektedir. Doğal yarı parlak setol, özel alkid tipi reçineler, mikrop öldürücü, şeffaf UV emiciler, işlevsel mineral dolgu maddeleri, terebentin ve katkı maddelerine dayalı bir üründür. Deniz verniği, çözücülerde çözünmüş yağlarda bir alkid polimeridir ve üreticinin kılavuzuna göre koruyucu bir film veya dekoratif kaplama olarak kullanılmaktadır (de Paula ve ark., 2020). Boya, cilalardan farklı olmaktadır. Çünkü boya opak bir film sağlar ve ahşabın yapısını gizlemektedir. Ayrıca, boya ahşabın gözeneklerine kolayca yapışmaz. Bu nedenle zamanla boya ahşabı açığa çıkarmaktadır ve korumasız bırakmaktadır. Öte yandan, cilalar şeffaf olabilir ve ahşabın doğal güzelliğini vurgulamaktadır. Ayrıca mükemmel bir koruma sunmaktadır (Segura, 1992; Rivera, 2016).
Renk modelleri, renkleri oluşturmak için bir temel oluşturur ve bu temel, N vektörden oluşur. Bu vektörlerin lineer kombinasyonu, renk alanını oluşturur. En yaygın renk alanları üç boyutlu olanlardır (Rodriguez, 2012).
Sıvı yüzey işlemlerinin yapışması ile ilgili olarak, bu büyük ölçüde substrat yüzeyinin özelliklerine bağlıdır. Bu da onların tüketimini ve dolayısıyla üretim maliyetlerindeki artışı önemli ölçüde etkilemektedir (Roffael, 1993; Carrasco, 2007).
Tectona, Lamiaceae familyasına ait tropikal sert ağaç cinsidir. Bu aile yaklaşık 236 cins ve 6900 ila 7200 tür içermektedir (Kuete, 2017; Vyas ve ark., 2019). Teak (*Tectona grandis* L.f.), hem doğal ormanlardan hem de plantasyonlardan çıkarılan yüksek kaliteli kerestenin uluslararası pazarındaki en önemli tropikal sert ağaç türlerinden biridir. Teak ormanları Myanmar, Hindistan, Tayland ve Laos'ta doğal olarak bulunur ve yaklaşık 23 milyon hektarlık bir alanı kaplar. Teak ayrıca tropik bölgelerde en az 36 ülkede plantasyonlarda yetiştirilmektedir ve yaklaşık 5.7 milyon hektar teak plantasyonu kaydedilmiştir (Bhat ve Ma, 2004; Verhaegen ve ark., 2010).
Yaygın olarak tik veya teak (İngilizce) olarak bilinen *Tectona grandis* L. f., Güneydoğu Asya'ya özgü, 45 m yüksekliğe ulaşan ve olgunluğa ulaştığında payandalı bir gövde geliştiren, yaprak döken büyük bir ağaçtır. En değerli ve en iyi bilinen tropik ağaçlardan birinin kaynağı olan tik ağacı, gemi yapımı, mobilya ve genel marangozluk için kereste üretimi amacıyla yaygın olarak ekilmektedir. Tik ağacının dokusu düzdür, eşit oranda orta dokuludur ve dokunulduğunda yağlıdır. Kuruduktan sonra hafif bir koku algılanabilir. Ahşabın havası hızlı ve tatmin edici bir şekilde kurur, yalnızca küçük bir deformasyon olur, ancak yüzeyde sertleşme veya çatlama olmaz. Tik ayrıca minimum kontrol, bölme veya bükme ile fırında iyi fakat yavaş bir şekilde kurumaktadır (Francis ve ark., 2000).
Tik ağacı tripleks yapmak için kullanılır ve tik atığı sıkıştırılmış ahşap, lif ve yonga levha yapımında kullanılır (Singh ve ark., 1983).
Bu çalışmada yat verniği uygulanmış teak (*Tectona grandis* L.) ahşabında bazı yüzey özellikleri üzerine farklı kat (1 ve 2) sayılarının etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Teak (*Tectona grandis* L.) odunu 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra iklimlendirme işlemleri yapılmıştır (ISO 554, 1976). Çalışmada, solvent bazlı yat verniği kullanılmıştır. 1 ve 2 kat olarak yat verniği ahşap malzeme yüzeylerine bir fırça ile uygulanmıştır.

Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri ASTM E313-15e1, (2015) ve parlaklık testleri ise ISO 2813, (1994) standardı ile belirlenmiştir. Renk değişimleri, CS-10 cihazı kullanılarak ölçülmüştür (ASTM D 2244-3, 2007). Toplam renk farklılıkları aşağıdaki formüller ile belirlenmiştir.

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}}) - (C^*_{\text{referans}}) \quad (1)$$
$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$
$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (3)$$
$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş örnek}}) - (b^*_{\text{referans}}) \quad (4)$$
$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş örnek}}) - (a^*_{\text{referans}}) \quad (5)$$
$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş örnek}}) - (L^*_{\text{referans}}) \quad (6)$$
$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

ΔC^*, doygunluk farkı veya kroma kısmı ve ΔH^* ise gölge farkı veya ton bölümü şeklinde açıklanmaktadır. Diğer parametrelere ait tanımlamalarda Çizelge 1'de sunulmuştur (Lange, 1999). ΔE^* için kıyaslama kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^* değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Pozitif durumda	Parametre	Negatif durumda
Referanstan daha açık	ΔL^*	Referanstan daha koyu
Referanstan daha kırmızı	Δa^*	Referanstan daha yeşil
Referanstan daha sarı	Δb^*	Referanstan daha mavi
Referanstan daha net, daha parlak	ΔC^*	Mat, referanstan daha bulanık

Çizelge 2. ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979)

ΔE^*	Görsel fark	ΔE^*	Görsel fark
<0.20	Algılanamaz	3.00 ila 6.00	Çok belirgin
0.20 ila 0.50	Çok zayıf	6.00 ila 12.00	Güçlü
0.50 ila 1.50	Zayıf	> 12.00	Çok güçlü
1.50 ila 3.00	Belirgin		

Standart sapmaları, homojenlik grupları, minimum ve maksimum ölçümleri, ortalama değerleri, varyans analizleri ve % değişim oranları bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Çizelge 3'de sunulmaktadır. ΔL^* değerleri her iki kat uygulaması ile negatif olarak (referanstan daha koyu) bulunurken, Δa^* (referanstan daha kırmızı), Δb^* (referanstan daha sarı) ve ΔC^* (referanstan daha net, daha parlak) değerleri ile pozitif olarak tespit edilmiştir. ΔH^* değerleri 1 kat ile 1.47 ve 2 kat ile 1.50 olarak elde hesaplanmıştır. ΔE^* değerleri 1 kat ile 10.31 ve 2 kat ile 11.56 olarak elde edilmiştir. Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) açısından her iki kat uygulamaları "güçlü (6.00 ila 12.00)" kriterini vermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Kat Sayısı	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979)
1 kat	-3.88	5.71	7.65	9.43	1.47	10.31	Güçlü (6.00 ila 12.00)
2 kat	-4.32	6.35	8.63	10.61	1.50	11.56	

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Bütün testler için uygulanan katsayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları (*: anlamlı)

Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	α≤0.05
*L**	158.663	2	79.332	373.514	0.000*
*a**	236.552	2	118.276	1621.958	0.000*
*b**	139.842	2	69.921	416.753	0.000*
*C**	302.287	2	151.144	881.291	0.000*
h^{o}	344.478	2	172.239	535.848	0.000*
⊥20^{o} parlaklık	511.117	2	255.558	618.397	0.000*
⊥60^{o} parlaklık	6090.969	2	3045.484	1355.445	0.000*
⊥85^{o} parlaklık	8353.715	2	4176.857	2863.476	0.000*
∥20^{o} parlaklık	341.600	2	170.800	244.881	0.000*
∥60^{o} parlaklık	6147.123	2	3073.561	640.246	0.000*
∥85^{o} parlaklık	7068.371	2	3534.185	1351.907	0.000*
*WI** (⊥)	247.136	2	123.568	2095.688	0.000*
*WI** (∥)	338.061	2	169.030	15791.761	0.000*

Renk ölçüm sonuçları [kroma (*C**) değeri, sarı (*b**) renk tonu, ışıklılık (*L**) değeri, kırmızı (*a**) renk tonu ve ton (*h*^{o}) açısı değeri] Çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 5. Renk ölçüm sonuçları

Test	Uygulama Sonrası	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*L**	Kontrol	52.13	-	A*	0.47	51.03	52.71	0.91
	1 kat	47.48	↓8.92	B	0.45	46.74	48.24	0.96
	2 kat	47.04	↓9.76	C*	0.46	46.50	47.83	0.97
*a**	Kontrol	8.94	-	C**	0.33	8.33	9.36	3.68
	1 kat	14.55	↑62.75	B	0.32	14.17	15.25	2.18
	2 kat	15.19	↑69.91	A*	0.10	15.07	15.38	0.64
*b**	Kontrol	21.82	-	C**	0.38	21.17	22.29	1.73
	1 kat	25.83	↑18.38	B	0.42	24.86	26.58	1.63
	2 kat	26.81	↑22.87	A*	0.43	26.36	27.46	1.60
*C**	Kontrol	23.58	-	C**	0.43	22.75	24.14	1.81
	1 kat	29.65	↑25.74	B	0.46	28.61	30.34	1.54
	2 kat	30.83	↑30.75	A*	0.35	30.47	31.35	1.14
h^{o}	Kontrol	67.72	-	A*	0.65	66.83	68.52	0.96
	1 kat	60.62	↓10.48	B	0.52	59.43	61.20	0.86
	2 kat	60.46	↓10.72	B**	0.52	59.82	61.25	0.86
Ölçüm sayısı: 10, Homojenlik Grubu sütunu için *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

*L** (1 kat için %8.92 ve 2 kat için %9.76) ve *h*^{o} (1 kat için %10.48 ve 2 kat için %10.72) değerlerinde azalışlar görülürken, *a** (1 kat için %62.75 ve 2 kat için %15.19), *C** (1 kat için %25.74 ve 2 kat için %30.75) ve *b** (1 kat için %18.38 ve 2 kat için %22.87) değerlerinde her iki kat vernik uygulamaları ile artışlar belirlenmiştir. En yüksek sonuçlar *L** ve *h*^{o} değerleri için kontrol örneklerinde (sırası ile 52.13 ve 67.72) bulunurken, *a**, *b** ve *C** değerler için 2 kat vernik uygulanmış örneklerde (sırası ile 15.19, 26.81 ve 30.83) görülmüştür. Buna ek olarak en düşük sonuçlar ise *L** ve *h*^{o} değerleri için 2 kat vernik uygulanmış örneklerde (sırası ile 47.04 ve 60.46) bulunurken, *a**, *b** ve *C** değerler için kontrol örneklerinde (sırası ile 8.94, 21.82 ve 23.58) tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Parlaklık ölçüm sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Bütün derecelerde ve yönlerde yapılan parlaklık değerlerinde 1 ve 2 kat yat verniği uygulamaları ile artışlar tespit edilmiştir. En düşük sonuçlar kontrol deney örneklerinde (⊥20^{o}: 0.38, ⊥60^{o}: 3.94, ⊥85^{o}: 3.36 ve ∥20^{o}: 0.54, ∥60^{o}:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4.80, ∥85°: 10.60) bulunmuştur. En yüksek sonuçlar ise 2 kat yat verniği uygulanmış deney örneklerinde (⊥20°: 10.23, ⊥60°: 38.78, ⊥85°: 44.22 ve ∥20°: 8.74, ∥60°: 39.78, ∥85°: 48.16) belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Parlaklık ölçüm sonuçları

Test	Uygulama Sonrası	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
⊥20°	Kontrol	0.38	-	C**	0.08	0.30	0.50	20.76
	1 kat	3.33	↑776.32	B	0.44	2.70	4.10	13.36
	2 kat	10.23	↑2592.11	A*	1.02	8.30	10.80	9.95
⊥60°	Kontrol	3.94	-	C**	0.23	3.70	4.20	5.76
	1 kat	19.55	↑396.19	B	2.27	15.60	21.50	11.63
	2 kat	38.78	↑884.26	A*	1.23	35.40	40.00	3.17
⊥85°	Kontrol	3.36	-	C**	0.51	2.50	3.90	15.06
	1 kat	22.84	↑579.76	B	2.00	19.50	24.70	8.76
	2 kat	44.22	↑1216.07	A*	0.35	43.60	44.60	0.78
∥20°	Kontrol	0.54	-	C**	0.08	0.40	0.60	15.62
	1 kat	3.74	↑592.59	B	0.76	2.90	4.90	20.21
	2 kat	8.74	↑1518.52	A*	1.23	7.10	10.70	14.08
∥60°	Kontrol	4.80	-	C**	0.22	4.60	5.20	4.61
	1 kat	20.20	↑320.83	B	3.41	17.30	25.20	16.88
	2 kat	39.78	↑728.75	A*	1.65	37.40	41.10	4.15
∥85°	Kontrol	10.60	-	C**	0.29	10.20	10.90	2.74
	1 kat	27.90	↑163.21	B	2.25	25.40	31.10	8.05
	2 kat	48.16	↑354.34	A*	1.65	45.80	49.70	3.42
Ölçüm sayısı: 10, Homojenlik Grubu sütunu için *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

Beyazlık indeksi (*WI**) için sonuçlar Çizelge 7'de gösterilmektedir. Her iki kat uygulaması ile *WI** değerlerinde (her iki yönde) azalışlar (⊥: 1 kat için %54.37 ve 2 kat için %60.84 ve ∥: 1 kat için %95.92 ve 2 kat için %97.82) bulunmuştur. En yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir (∥ için 7.35 ve ⊥ için 10.52). En düşük sonuçlar ise 2 kat vernik uygulamasına sahip örneklerde elde edilmiştir (∥ için 4.12 ve ⊥ için 0.16) (Çizelge 7).

Çizelge 7. Beyazlık indeksi (*WI**) ölçüm sonuçları

Test	Uygulama Sonrası	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*WI**⊥	Kontrol	10.52	-	A*	0.23	10.30	10.80	2.23
	1 kat	4.80	↓54.37	B	0.28	4.40	5.10	5.89
	2 kat	4.12	↓60.84	C**	0.20	4.00	4.50	4.96
*WI**∥	Kontrol	7.35	-	A*	0.14	7.00	7.50	1.95
	1 kat	0.30	↓95.92	B	0.09	0.20	0.40	31.43
	2 kat	0.16	↓97.82	C**	0.05	0.10	0.20	32.27
Ölçüm sayısı: 10, Homojenlik Grubu sütunu için *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

4. Sonuçlar ve Öneriler

Δ*E** değerleri 1 kat ile 10.31 ve 2 kat ile 11.56 olarak elde edilmiştir. Vernik uygulamaları sonrasında kontrol örneklerine kıyasla *b**, *C**, *a** parametreleri, bütün derecelerde ve yönlerdeki parlaklık değerlerinde artışlar bulunurken, *L** ve *h*° değerleri ile her iki yöndeki *WI** değerlerinde azalışlar görülmüştür.
Elde edilen malzemeler üzerinde ıslanabilirlik, çizilme, pandüllü sertlik, yüzeye yapışma testlerini yapılması önerilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
Bhat, K.M., and Ma, H.O., (2004). Teak growers unite! ITTO Trop For Update 14: 3-5.
Carrasco, T.E.N., (2007). Efecto del lijado sobre madera de *Pinus radiata* D. Don en los niveles de consumo de barnices.
de Paula, M.H., Rossi Silva de Mesquita, R., Costa, M.D.A., Gonçalez, J.C., Ananías, R.A., and Janin, G., (2020). Effect of applying finishing products and sanding on the surface of marupa wood. Maderas. Ciencia y tecnología, 22(1): 45-54. DOI: 10.4067/S0718-221X2020005000105.
DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung, Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
Francis, J.K., Lowe, C.A., and Trabanino, S., (2000). Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales (pp. 371-376). Río Piedras, Puerto Rico: US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.
ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
Kuete, V., (2017). Medicinal spices and vegetables from Africa: therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases, Cambridge, MA: Academic Press; p. 222.
Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
Rivera, V.H.R.D., (2016). Pruebas de resistencia de películas aplicadas de acabados de la madera de 4 empresas de barnices de México (Tesis de maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Morelia, Michoacán.
Rodriguez, R.A., (2012). Influencias de los barnices incoloros en las propiedades superficiales de las maderas de construcción, Polytechnic University of Madrid, Doctoral dissertation, Arquitectura.
Roffael, E., and Schneider, T., (1993). Investigation on partial subtitution of strands in oriented strand boards (OSB) by different lignocellulosic raw materials, Institute for Wood Biology and Wood Technology, Georg August University of Göttingen Busgenweg.
Segura, J.M., (1992). Tintes para Madera. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 44 pp.
Singh, U., Wadhwani, A.M., and Johri, B.M., (1983). Dictionary of economic plants in India.
Verhaegen, D., Fofana, I.J., Logossa, Z.A., and Ofori, D., (2010). What is the genetic origin of teak (*Tectona grandis* L.) introduced in Africa and in Indonesia?. Tree Genetics & Genomes, 6: 717-733. DOI: 10.1007/s11295-010-0286-x.
Vyas, P., Yadav, D.K., and Khandelwal, P., (2019). *Tectona grandis* (teak) - A review on its phytochemical and therapeutic potential, Natural Product Research, 33(16): 2338-2354. DOI: 10.1080/14786419.2018.1440217.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Malta Eriği (*Eriobotrya japonica* L.) Ahşabına Balmumu Uygulanması

Doç. Dr. Göksel ULAY[1], Doç. Dr. Ümit AYATA[2]

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816,

[2*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye,
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, Malta eriği (*Eriobotrya japonica* L.) ahşabına balmumu uygulanması (1, 2 ve 3 kat olarak bir fırçayla) ile meydana gelen renk parametreleri [sarı (*b**) renk tonu, kroma (*C**) değeri, ışıklılık (*L**) değeri, kırmızı (*a**) renk tonu ve ton (h^o) açısı değeri], beyazlık indeks (*WI**) ve parlaklık değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Sonuçlara göre varyans analizleri bütün testler için anlamlı bir şekilde bulunmuştur. Δ*E** değerleri 1 kat uygulama ile 2.39, 2 kat uygulama ile 3.24 ve 3 kat uygulama ile 4.68 olarak elde edilmiştir. *WI** değerlerde kat sayısını artması ile her iki yönlerde azalışlar elde edilmiştir. Bütün derece ve yönlerdeki yapılan parlaklık değerlerinde balmumu uygulamaları tarafından artışlar tesit edilmiştir. Renk parametrelerinde *L** ve h^o değerlerinde azalışlar belirlenirken, *C**, *b** ve *a** değerlerinde artışlar bulunmuştur. Balmumu uygulamaları ile ahşaba ait optik özelliklerinde değişikler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Beyazlık indeksi, Balmumu, Renk, Malta eriği, Parlaklık

Application of Wax on Loquat (*Eriobotrya japonica* L.) Wood

Abstract

In this study, changes in color parameters [yellow (*b**) color tone, chroma (*C**), lightness (*L**), red (*a**) color tone, and hue angle (*h*°)], whiteness index (*WI**), and gloss values resulting from the application of wax (1, 2, and 3 coats applied with a brush) to loquat (*Eriobotrya japonica* L.) wood were investigated. According to the results, variance analyses were found to be significant for all tests. The Δ*E** values were obtained as 2.39 for 1 coat, 3.24 for 2 coats, and 4.68 for 3 coats of application. *WI** values decreased in both directions with an increasing number of coats. In all glossiness measurements across different degrees and directions, increases were observed due to wax applications. While decreases were identified in *L** and *h*° values among the color parameters, increases were observed in *C**, *b**, and *a** values. Optical properties of the wood were altered through wax applications.

Keywords: Whiteness index, Wax, Color, Loquat, Glossiness

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. Giriş

Ahşap, kendine özgü özellikleri nedeniyle zamanın başlangıcından beri bir bina, ev ve diğer yapılar, mobilya, alet, araç ve süs eşyası olarak kullanılmıştır. Yoğun ahşap türleri genellikle sert ve güçlüdür. Mukavemet terimi bir dizi farklı özelliği kapsamaktadır. Mukavemet ve lif yönüne göre büyük ölçüde değişir. Ahşap, lif boyunca kesildiğinde olduğundan çok daha güçlü olmaktadır (Mohammed ve ark., 2022; Majeed ve Hussein, 2024).
Balmumu, aşırı ısınmış olması nedeniyle koyu renkli ise, değeri çok daha düşüktür. En kaliteli balmumu, balmumu kapaklarından gelir, yani arıların olgun petekleri kaplamak için kullandığı balmumu mühür, çünkü bu taze "orijinal balmumunu" saf ve beyaz renklidir. Geçmişte, balmumu beyazlatmak yaygındı (sülfürik asit veya hidrojen peroksit gibi ağartıcılar kullanılarak), ancak bu uygulama artık gereksiz ve doğal balmumu için zararlı olarak kabul edilmektedir (Bradbear, 2009).
Yeni oluşturulan balmumu başlangıçta beyaz olup ve daha sonra sarıya dönüştüğü bildirilmiştir. Bu altın renk tonunu oluşturmak için propolis ve polen boyaları kullanılmaktadır. Balmumu olağandışı bir kokuya sahiptir ve arılar, bal, propolis ve polenden oluşur. Balmumu kokusu tatlı, sıcak ve balsamik bir özellik taşır, bal aromasıyla gurme bir üründür ve çok talep edilir (Gupta ve Anjali, 2023).
Balmumu özellikle zemin ve banyo duvarlarının işlenmesi için uygundur. Kerestedeki çatlakları ve gözenekleri doldurmaktadır ve haşerelerin yumurta bırakmasını önlemektedir. Balmumu genellikle mineral ispirto veya terebentin içinde çözülür ve keten tohumu yağı ile inceltilebilir. Toprak veya mineral pigmentlerle renklendirilebilir. Balmumu temizlenmesi kolaydır. Ancak suya karşı fazla direnci yoktur. Bu nedenle daha dayanıklı yüzeyler önce yağ ile doyurulmalıdır. Balmumu, üretiminde veya kullanımında hiçbir sorun yaratmayan yenilenebilir bir kaynaktır. Organik çözücüler uygulama sırasında bir sağlık riski oluşturacaktır ve hatta uygulamadan kısa bir süre sonra iç mekân ortamında sorunlara neden olabilmektedir. İşlenmiş malzemelerin yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi, enerji geri dönüştürülmesi ve kompostlanması veya dökülmesi hiçbir sorun yaratmaz (Berge, 2009).
Malta eriği (*Eriobotrya japonica* Lindl.) *Rosaceae* (gülgiller) familyasına ait olup, az sayıdaki subtropikal temsilcilerden biridir. Muhtemelen güneydoğu Çin kökenlidir ve eski zamanlardan beri Çin ve Japonya'da yetiştirilmektedir. Günümüzde ise Avustralya, Akdeniz bölgesi, Güney Amerika, Güney Afrika, Kaliforniya ve Hindistan gibi diğer bölgelerde de yetiştirilmektedir. Bitki, dar yapraklı, her dem yeşil bir çalı veya küçük bir ağaçtır. Yapraklarının üst yüzeyi koyu yeşil, alt yüzeyi ise açık renkli ve tüylüdür. Beyaz çiçekleri, soluk sarıdan koyu turuncuya kadar değişebilen pomlar oluşturmaktadır (Vaughan ve Geissler, 1997; Ferreres ve ark., 2009).
Diğer *pomaceous* (çekirdekli meyve) türlerinden farklı olarak, Malta eriğinin üreme gelişimi, kış dinlenme dönemiyle kesintiye uğramayan sürekli bir süreçtir. Bu nedenle, tomurcukları gerçek anlamda dormansi göstermez ve soğuklama ihtiyacı duymaz. Apikal meristem bu özelliğiyle sürekli büyüyerek düzenli olarak sonbaharda çiçek açan ve meyve veren bir salkıma dönüşür, meyve kış boyunca gelişir ve ilkbaharda olgunlaşır (Lin ve ark., 1999; Reig ve ark., 2017).
Bu çalışmada, Malta eriği (*Eriobotrya japonica* L.) ahşabına balmumu uygulanması ile meydana gelen renk parametreleri, beyazlık indeks (*WI**) ve parlaklık değerlerindeki değişimler belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Malta eriği (*Eriobotrya japonica* L.) odunu 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra iklimlendirme işlemleri yapılmıştır (ISO 554, 1976). Çalışmada, doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip yağ kullanılmıştır. Bu yağ ahşap malzeme yüzeylerine 1, 2 ve 3 kat olarak bir fırça ile uygulanmıştır. Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri ASTM E313-15e1, (2015) ve parlaklık testleri ISO 2813, (1994) standardı ile tespit edilmiştir. Renk değişimi, ASTM D 2244-3, (2007) standardı ile belirlenmiştir. Toplam renk farklılıkları aşağıda verilen formüller ile belirlenmiştir.

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlemli deney örneği}} - a^*_{\text{referans}}) \quad (1)$$
$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlemli deney örneği}} - L^*_{\text{referans}}) \quad (2)$$
$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlemli deney örneği}} - b^*_{\text{referans}}) \quad (3)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (4)$$
$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (5)$$
$$h^o = \arctan(b^*/a^*) \quad (6)$$
$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$
$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlemli deney örneği}} - C^*_{\text{referans}}) \quad (8)$$

ΔC^*, doygunluk farkı veya kroma kısmı ile ΔH^* ise gölge farkı veya ton bölümü şeklinde ifade edilmiştir. Diğer parametreleri için bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur (Lange, 1999). ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Δa^*, ΔL^*, Δb^* ve ΔC^* değerleri için bilgiler (Lange, 1999)

Pozitif durumda	**Parametre**	**Negatif durumda**
Referanstan daha açık	ΔL^*	Referanstan daha koyu
Referanstan daha kırmızı	Δa^*	Referanstan daha yeşil
Referanstan daha sarı	Δb^*	Referanstan daha mavi
Referanstan daha net, daha parlak	ΔC^*	Mat, referanstan daha bulanık

Çizelge 2. ΔE^* değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

ΔE^*	**Görsel fark**	**ΔE^***	**Görsel fark**
<0.20	Algılanamaz	3.00 ila 6.00	Çok belirgin
0.20 ila 0.50	Çok zayıf	6.00 ila 12.00	Güçlü
0.50 ila 1.50	Zayıf	> 12.00	Çok güçlü
1.50 ila 3.00	Belirgin		

Varyans analizleri, standart maksimum ve minimum ölçümler, sapmaları, ortalamalar, % değişim oranları ve homojenlik grupları bir istatistik programı hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bütün testler için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları (*: anlamlı)

Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	α≤0.05
L^*	97.094	3	32.365	343.466	0.000*
a^*	16.641	3	5.547	123.685	0.000*
b^*	6.117	3	2.039	65.796	0.000*
C^*	16.587	3	5.529	99.770	0.000*
h^o	49.933	3	16.644	19.364	0.000*
⊥20° parlaklık	1.783	3	0.594	211.812	0.000*
⊥60° parlaklık	78.366	3	26.122	340.969	0.000*

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

⊥85° parlaklık	336.323	3	112.108	370.774	0.000*
∥20° parlaklık	1.329	3	0.443	64.036	0.000*
∥60° parlaklık	140.759	3	46.920	249.831	0.000*
∥85° parlaklık	468.179	3	156.060	174.368	0.000*
*WI** (⊥)	138.903	3	46.301	1261.796	0.000*
*WI** (∥)	90.851	3	30.284	177.328	0.000*

Renk ölçümleri için sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.
Balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile *L** değerlerinde azalmalar (1 kat için %3.83, 2 kat için %4.95 ve 3 kat için %6.93) belirlenmiştir. En yüksek sonuç *L** değerinde kontrol örneğinde (61.60) ve en düşük sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (57.33) belirlenmiştir (Çizelge 4).
h° değerlerinde en yüksek sonuç değerinde kontrol örneğinde (60.00) ve en düşük sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (56.97) bulunmuştur. Balmumu uygulamaları ile *h*° değerlerinde azalmalar (1 kat için %2.15, 2 kat için %1.25 ve 3 kat için %5.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Renk ölçümleri için sonuçlar

Test	Balmumu Uygulaması	Orta-lama	Değişim (%)	*HG*	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*L**	Kontrol	61.60	-	A*	0.28	60.94	61.86	0.46
	1 kat	59.24	↓3.83	B	0.22	58.77	59.43	0.38
	2 kat	58.55	↓4.95	C	0.32	57.86	58.95	0.55
	3 kat	57.33	↓6.93	D**	0.38	56.54	57.70	0.67
*a**	Kontrol	9.51	-	D**	0.19	9.14	9.76	2.02
	1 kat	9.84	↑3.47	C	0.25	9.38	10.14	2.52
	2 kat	10.26	↑7.89	B	0.24	9.72	10.49	2.35
	3 kat	11.23	↑18.09	A*	0.15	10.95	11.47	1.34
*b**	Kontrol	16.47	-	B**	0.22	16.18	16.82	1.35
	1 kat	16.48	↑0.06	B	0.19	16.21	16.76	1.12
	2 kat	17.25	↑4.74	A	0.16	17.06	17.51	0.92
	3 kat	17.27	↑4.86	A	0.12	17.06	17.41	0.71
*C**	Kontrol	19.02	-	C**	0.27	18.69	19.44	1.42
	1 kat	19.19	↑0.89	C	0.26	18.73	19.59	1.36
	2 kat	20.08	↑5.57	B	0.24	19.76	20.40	1.18
	3 kat	20.59	↑8.25	A*	0.16	20.32	20.77	0.77
h°	Kontrol	60.00	-	A*	0.34	59.54	60.71	0.57
	1 kat	58.71	↓2.15	B	1.73	53.97	59.94	2.95
	2 kat	59.25	↓1.25	AB	0.48	58.88	60.53	0.81
	3 kat	56.97	↓5.05	C**	0.32	56.39	57.55	0.56
HG: Homojenlik Grubu, Ölçüm Sayısı: 10, *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

*a** parametresinde balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile artışlar (1 kat için %3.47, 2 kat için %7.89 ve 3 kat için %18.09) elde edilmiştir. *a** parametresinde en düşük sonuç kontrol örneğinde (9.51) ve en yüksek sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (11.23) görülmüştür (Çizelge 4).
*b** değerinde en düşük sonuç kontrol örneğinde (16.47) ve en yüksek sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (17.27) elde edilmiştir. Balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile *b** değerlerinde artışlar (1 kat için %.0.06, 2 kat için %4.74 ve 3 kat için %4.86) görülmüştür (Çizelge 4).
*C** parametresinde balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile artışlar (1 kat için %0.89, 2 kat için %5.57 ve 3 kat için %8.25) bulunmuştur. *C** değerinde en düşük sonuç kontrol örneğinde (19.02) ve en yüksek sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (20.59) tespit edilmiştir (Çizelge 4).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Toplam renk farklılıkları için sonuçlar Çizelge 5'de sunulmaktadır. Δ*E** değerleri 1 kat uygulama ile 2.39, 2 kat uygulama ile 3.24 ve 3 kat uygulama ile 4.68 olarak bulunmuştur. Δ*H** değerleri 1 kat uygulama ile 0.29, 2 kat uygulama ile 0.25 ve 3 kat uygulama ile 1.05 olarak elde edilmiştir. Renk kriteri (DIN 5033, 1979) ile sonuçlara bakıldığında 1 kat uygulama ile "belirgin (1.50 ila 3.00)" ve 2 ile 3 katlara ait uygulamalar ile de "çok belirgin (3.00 ila 6.00)" kriteri şeklinde bulunmuşlardır. Bütün kat uygulamaları ile Δ*a**, Δ*b** ve Δ*C** değerleri pozitif (sırası ile referanstan daha kırmızı, referanstan daha sarı ve referanstan daha net, daha parlak) olarak bulunurken, Δ*L** negatif (referanstan daha koyu) olarak elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Toplam renk farklılıkları için sonuçlar

Balmumu Uygulaması	Δ*L**	Δ*a**	Δ*b**	Δ*C**	Δ*H**	Δ*E**	Renk kriteri (DIN 5033, 1979)
1 kat	-2.37	0.33	0.01	0.17	0.29	2.39	Belirgin (1.50 ila 3.00)
2 kat	-3.06	0.75	0.78	1.06	0.25	3.24	Çok belirgin (3.00 ila 6.00)
3 kat	-4.28	1.72	0.79	1.57	1.05	4.68	

Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri için sonuçlar Çizelge 6'de gösterilmiştir.
*WI** ⊥ değerleri için balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile azalışlar (1 kat için %10.49, 2 kat için %17.36 ve 3 kat için %23.26) bulunmuştur. *WI** ⊥ değerleri için en yüksek sonuç kontrol örneğinde (21.54) ve en düşük sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (16.53) tespit edilmiştir (Çizelge 6).
*WI** ∥ değerleri için balmumu uygulamalarında kat sayısının artması ile azalışlar (1 kat için %9.65, 2 kat için %18.71 ve 3 kat için %23.48) görülmüştür. *WI** ∥ değerleri için en yüksek sonuç kontrol örneğinde (16.78) ve en düşük sonuç ise 3 kat uygulanmış örneklerde (12.84) elde edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Beyazlık indeksi (*WI**) değerleri için sonuçlar

Test	Balmumu Uygulaması	Ortalama	Değişim (%)	*HG*	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
*WI** ⊥	Kontrol	21.54	-	A*	0.11	21.40	21.70	0.50
	1 kat	19.28	↓10.49	B	0.14	19.10	19.50	0.73
	2 kat	17.80	↓17.36	C	0.12	17.60	17.90	0.65
	3 kat	16.53	↓23.26	D**	0.32	16.10	16.80	1.94
*WI** ∥	Kontrol	16.78	-	A*	0.57	16.00	17.50	3.38
	1 kat	15.16	↓9.65	B	0.40	14.60	15.50	2.66
	2 kat	13.64	↓18.71	C	0.43	13.20	14.10	3.13
	3 kat	12.84	↓23.48	D**	0.13	12.70	13.00	0.99
HG: Homojenlik Grubu, Ölçüm Sayısı: 10, *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

Parlaklık değerleri için sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir. Bütün derece ve yönlerdeki yapılan parlaklık değerlerinde balmumu uygulamaları tarafından artışların elde edildiği görülmektedir. En düşük sonuçlar kontrol örneklerinde (⊥20°: 0.38, ⊥60°: 2.72, ⊥85°: 0.64 ve ∥20°: 0.40, ∥60°: 2.52, ∥85°: 3.78) belirlenmiştir. En yüksek sonuçlar ise 3 kat balmumu uygulamasına ait örnekler üzerinde (⊥20°: 0.94, ⊥60°: 6.62, ⊥85°: 8.22 ve ∥20°: 0.86, ∥60°: 7.54, ∥85°: 12.78) bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Parlaklık değerleri için sonuçlar

Test	Balmumu Uygulaması	Ortalama	Değişim (%)	*HG*	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
⊥20°	Kontrol	0.38	-	C**	0.04	0.30	0.40	11.10
	1 kat	0.50	↑31.58	B	0.00	0.50	0.50	0.00
	2 kat	0.53	↑39.47	B	0.05	0.50	0.60	9.11

	3 kat	0.94	↑147.37	A*	0.08	0.80	1.00	8.97
⊥60°	Kontrol	2.72	-	D**	0.44	2.20	3.30	16.24
	1 kat	4.35	↑59.93	C	0.14	4.20	4.50	3.11
	2 kat	5.03	↑84.93	B	0.21	4.80	5.30	4.09
	3 kat	6.62	↑143.38	A*	0.23	6.30	6.90	3.40
⊥85°	Kontrol	0.64	-	C**	0.08	0.50	0.70	13.18
	1 kat	6.49	↑914.06	B	0.99	5.50	7.80	15.24
	2 kat	6.78	↑959.38	B	0.19	6.60	7.10	2.76
	3 kat	8.22	↑1184.38	A*	0.43	7.80	9.00	5.28
∥20°	Kontrol	0.40	-	D**	0.00	0.40	0.40	0.00
	1 kat	0.54	↑35.00	C	0.05	0.50	0.60	9.56
	2 kat	0.77	↑92.50	B	0.12	0.60	0.90	15.06
	3 kat	0.86	↑115.00	A*	0.11	0.70	1.00	12.50
∥60°	Kontrol	2.52	-	D**	0.10	2.40	2.60	4.10
	1 kat	4.48	↑77.78	C	0.41	4.00	4.80	9.22
	2 kat	6.15	↑144.05	B	0.56	5.50	6.80	9.05
	3 kat	7.54	↑199.21	A*	0.51	6.90	8.30	6.77
∥85°	Kontrol	3.78	-	D**	0.19	3.50	3.90	5.11
	1 kat	7.96	↑110.58	C	1.10	6.70	8.90	13.82
	2 kat	11.06	↑192.59	B	0.74	9.80	11.80	6.70
	3 kat	12.78	↑238.10	A*	1.34	11.10	14.10	10.45
HG: Homojenlik Grubu, Ölçüm Sayısı: 10, *: En yüksek değer, **: En düşük değer								

4. Sonuçlar ve Öneriler

- Kat sayısını artması ile her iki yönlerdeki *WI** değerlerinde azalışlar bulunmuştur.
- Bütün derece ve yönlerdeki yapılan parlaklık değerlerinde balmumu uygulamaları tarafından artışlar görülmüştür.

Renk parametrelerinde *L** ve h^o değerlerinde azalışlar görülürken, *b**, *C** ve *a** değerlerinde artışlar tespit edilmiştir.

- Mumla kaplı örnekler üzerinde yaşlandırma uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Berge, B., (2009). Ecology of Building Materials. Routledge, Architectural Press is an imprint of Elsevier. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK; 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA. ISBN: 978-1-85617-537-1.

Bradbear, N., (2009). Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. Non-Wood Forest Products, (19): 192 pages.

DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.

Ferreres, F., Gomes, D., Valentão, P., Gonçalves, R., Pio, R., Chagas, E.A., Seabra, R.M., and Andrade, P.B., (2009). Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. Food Chemistry, 114(3): 1019-1027. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.10.065.

Gupta, G., and Anjali, K., (2023). Environmentally Friendly Beeswax: Properties, Composition, Adulteration, and its Therapeutic Benefits. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1110(1): 012041. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/1110/1/012041.

ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Lin, S.Q., (2007). World loquat production and research with special reference to China. In II International Symposium on Loquat 750 (pp. 37-44).

Majeed, M.K., and Hussein, S.I., (2024). Adhesion, roughness, wettability, and dielectric strength of elastomers liquid bends for high-density fiberboard wood adhesive, Ibn Al-Haitham Journal For Pure and Applied Sciences, 37(1): 175-186. DOI: 10.30526/37.1.3346.

Mohammed, M.A., Mohammed, A.J., Abbas, F.A., (2022). Study and evaluation of rock wool board by using PVA/PU as a polymer blend binder, Iraqi Journal of Science, 4282-4291.

Reig, C., Gil-Muñoz, F., Vera-Sirera, F., García-Lorca, A., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Pe´rez-Amador, M.A., and Agustí, M., (2017). Bud sprouting and floral induction and expression of FT in loquat [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.], Planta, 246: 915-925. DOI: 10.1007/s00425-017-2740-6.

Vaughan, J., and Geissler, C., (2009). The new Oxford book of food plants. OUP Oxford.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DEPREM RİSKİYLE MÜCADELEDE STRATEJİK BİR YAKLAŞIM: GÜVENLİ YAPILAR ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Özge KENAR
Sakarya Üniversitesi/Uluslararası İlişkiler
nisankenar@gmail.com - 0009-0005-7580-8519

Günay BEYHAN
Sakarya Üniviersitesi/Jeofizik Mühendisliği,
gbeyhan@sakarya.edu.tr- 0000-0003-1341-9049

ÖZET

Son yıllarda, doğa olaylarına "doğal afet- yanlış ifade" karşı alınan önlemler kapsamında deprem önceden haber verme sistemlerine yapılan yatırımlar artış göstermiştir. Ancak, bu sistemlerin etkinliği tartışmalı bir konu olarak gündemde kalmaktadır. Bu çalışma, deprem önceden haber verme sistemlerine harcanan kaynakların daha etkili bir şekilde güvenli yapıların inşasına yönlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Güvenli yapılar, modern mühendislik uygulamalarıyla tasarlanmış, doğa ile iç içe ve deprem gibi doğa olaylarına dirençli binalardır. Bu yapılar, insan hayatını korumak ve ekonomik kayıpları en aza indirmek için kritik öneme sahiptir. Depremler sırasında güvenli yapıların sağladığı koruma, erken uyarı sistemlerinin sunduğu zaman diliminden çok daha değerlidir. Çalışma çerçevesinde şu araştırma soruları ele alınacaktır: Deprem önceden haber verme çalışmaları yerine neden güvenli yapılar yapmalıyız? Güvenli yapıların inşa edilmesinin toplumsal etkileri neler olabilir? Farklı ülkelerde güvenli yapıların inşasına yapılan yatırımların, deprem riskine karşı dayanıklılığı nasıl artırdığına dair örnekler nelerdir? Çalışmanın amacı, güvenli yapıların inşası ile ilgili uluslararası uygulamaların detaylı bir değerlendirmesini sunarak, bu alandaki en iyi uygulamaları belirlemeyi hedeflemektedir. Bu çalışma, politika yapıcılar, mühendisler ve afet yönetimi uzmanları için önemli bilgiler sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın yöntemi nitel araştırma kapsamında, literatür taraması ve örnek olay analizi yöntemlerini içermektedir. Çalışma, deprem önceden haber verme sistemlerinin sınırlı faydalarını ve güvenli yapıların avantajlarını karşılaştırarak, mevcut harcamaların yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, güvenli yapıların oluşturulmasıyla birlikte toplumların deprem riskine karşı dayanıklılıklarının artırılabileceği ve bu durumun uzun vadede daha sürdürülebilir bir çözüm sunacağı vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Deprem Kestimi, Maliyet, Afet, Risk, Yapı güvenliği.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ABSTRACT

In recent years, investments in earthquake forewarning systems have increased as part of the measures taken against natural phenomena “natural disaster - false statement”. However, the effectiveness of these systems remains a controversial issue. This study argues that the resources spent on earthquake forecasting systems should be more effectively directed towards the construction of safe structures. Safe structures are buildings designed with modern engineering practices, intertwined with nature and resilient to natural phenomena such as earthquakes. These structures are critical for protecting human life and minimizing economic losses. The protection provided by safe structures during earthquakes is much more valuable than the time frame offered by early warning systems. The following research questions will be addressed within the framework of the study: Why should we build safe structures instead of trying to foretell earthquakes? What are the societal impacts of building safe structures? What are examples of how investments in building safe structures in different countries have increased resilience to earthquake risk? The aim of the study is to provide a detailed review of international practices related to the construction of safe structures and to identify best practices in this field. This study aims to provide important information for policy makers, engineers and disaster management professionals. The methodology of the study is qualitative and includes literature review and case study analysis. By comparing the limited benefits of earthquake forewarning systems and the advantages of safe structures, the study reveals that current expenditures should be re-evaluated. In particular, it will be emphasized that the creation of safe structures can increase the resilience of societies against earthquake risk and provide a more sustainable solution in the long run.

Keywords: Earthquake Shortcut, Cost, Disaster, Risk, Building safety.

1. GİRİŞ

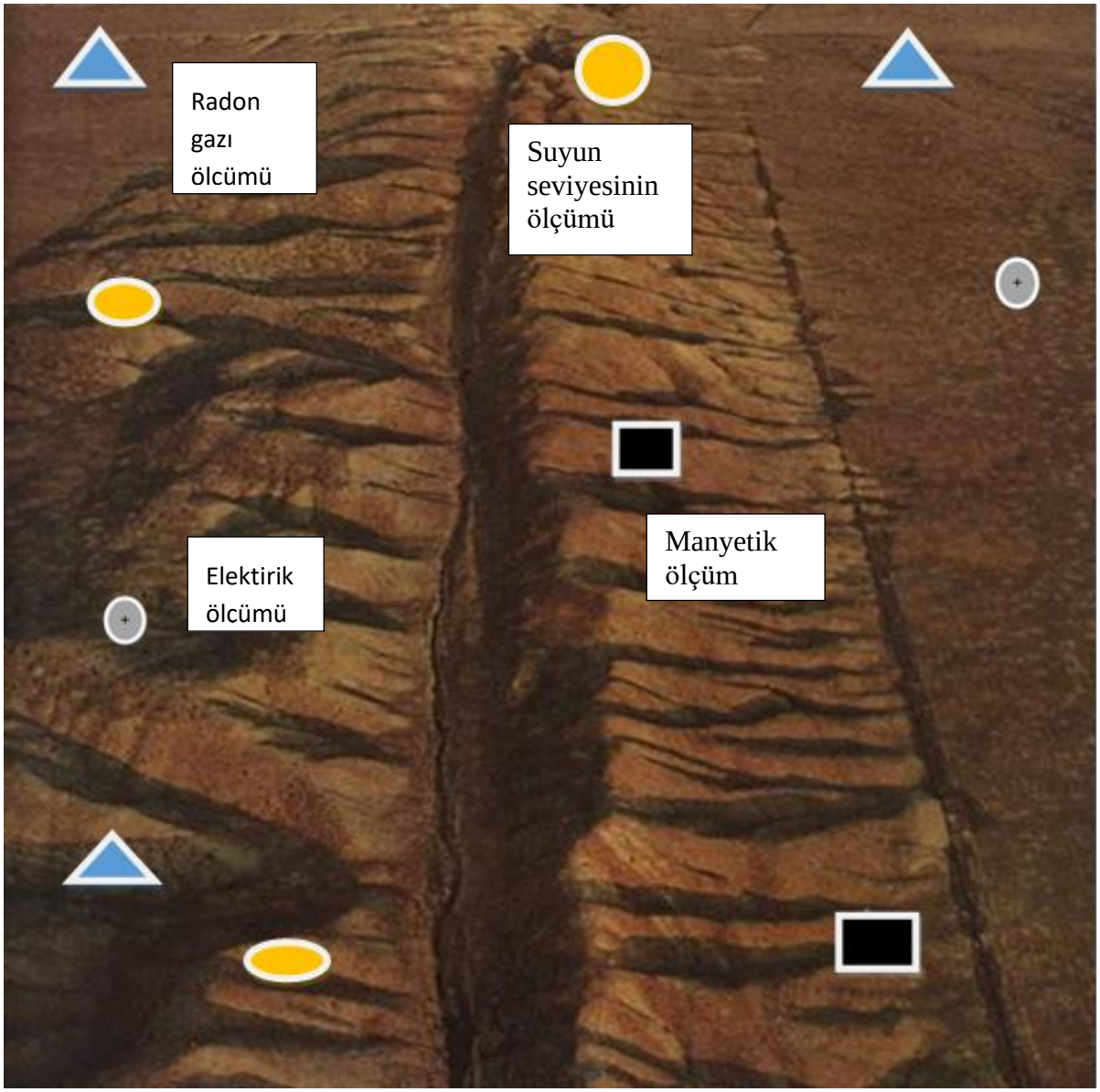
Depremler, doğanın kaçınılmaz gerçeklerinden biridir ve tarih boyunca insan toplulukları üzerinde derin etkiler bırakmıştır. Örneğin 2010 Haiti depremi, 200.000'den fazla insanın hayatını kaybetmesine ve birçok insanın evsiz kalmasına neden olmuştur. Ancak bu etkiler, insanların alınabilecek önlemler konusundaki seçimleriyle önemli ölçüde azaltılabilir. Son yıllarda, deprem önceden haber verme sistemlerine yönelik teknolojik yatırımlar artış göstermiş ve bu sistemler, belirli bir zaman dilimi içerisinde deprem uyarısı sunarak hayat kurtarmaya yönelik çözümler olarak tanıtılmıştır. Ancak, bu sistemlerin etkililiği ve ekonomik riskleri tartışmaya açıktır. Özellikle kırsal kesimlerde ve gelişmekte olan ülkelerde, bu teknolojilerin uygulanabilirliği, altyapı eksiklikleri ve finansal yük nedeniyle sınırlı kalmaktadır.

Bu bağlamda, çalışmanın temel argümanı, deprem önceden haber verme sistemlerine ayrılan kaynakların, daha etkili ve uzun vadeli çözümler sunan güvenli yapıların inşasına yönlendirilmesi gerektiğidir. Güvenli yapılar, modern mühendislik teknikleri kullanılarak tasarlanan ve yerel çevre şartlarına uygun malzemelerle inşa edilen binaları ifade eder. Bu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapılar, deprem gibi doğa olaylarına dirençli olmanın yanı sıra, insanların yaşam kalitesini artıracak biçimde doğa ile uyumlu bir şekilde inşa edilmelidir.

Dünyanın farklı bölgelerinde bu konuyla ilgili uygulamalar, güvenli yapıların önemini gözler önüne sermektedir. Örneğin, Çin'de kırsal alanlarda deprem dayanıklı konut projeleri hayata geçirilirken, Hindistan'da yerel malzemelerle ekonomik ve dayanıklı yapılar inşa edilmektedir. Rusya ise sert iklim koşullarına uygun, deprem dayanıklı tasarımlarıyla dikkat çekmektedir (jmo.org:2024). Türkiye gibi deprem riski yüksek ülkelerde ise yedi bölgeye özgü iklim ve zemin koşulları dikkate alınarak, güvenli ve çevre dostu yapıların inşa edilmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca, güvenli yapıların temel özelliklerinden biri de çevresel uyumdur. Doğa ile iç içe bir yaşam alanı sunan bu yapılar, hem deprem gibi felaketlere dayanıklı hem de estetik açıdan tatmin edici bir yaklaşım sunar. Bölgeye özgü şartlar dikkate alınmadan yapılan tasarımlar, ne yazık ki beklenen dayanıklılığı ve faydayı sunamayacaktır.



Şekil 1: Yanal Atımlı Fay Morfolojisi Örneği, 2024-1.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu çalışma, deprem önceden haber verme sistemleri ile güvenli yapılar arasındaki farklılıkları ve güvenli yapıların uzun vadede daha etkili bir yatırım olduğunu vurgulamaktadır. Bunun yanında, hem bireylerin hem de toplulukların yaşam kalitesini artıracak uygulamaları ön plana çıkarmayı amaçlamaktadır.

Depremlerin önceden haber alınması konusunda çeşitli yöntemler ve gözlemler (**yeraltı su seviyesindeki değişimler, radon gazı konsantrasyonu, manyetik ve elektrik anomalilerdeki değişimler, tiltleşme, krip olayı, yerkürede meydana gelen deformasyonlar, sismik p dalgası hızı değişimi, yerkürede meydana gelen kimyasal değişimler, uzun dönem iklim değişiklikleri, hayvan davranışlarındaki anormallikler, atmosferdeki elektromanyetik değişimler, v.s)** bulunmaktadır (jmo.org:2024). Tek bir deprem habercisi kullanılarak deprem tahmini yapmak çok güçtür. Deprem habercileri, fay mekanizmasına, gerilim paternlerine, fayların geometrik özelliklerine, komşu bölgelerdeki göreceli harekete, odak derinliğine ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu uygulamaların gerçekleşebilmesi için çok sayıda uzman personelin uzun bir süre (deprem oluşumuna kadar!) sürekli kayıt alması ve alınan bu kayıtların anlık işlenerek değerlendirilmesi ve devlet kademesine iletilmesi gerekir. Yanlış yapılan veya öngörülemeyen değerlendirmeler çok dramatik sonuçlara yol açabilir. Çünkü deprem anı ayrıntıya dönüştükçe bilimsellikten uzaklaşır. Öte yandan depremi haber vermek birkaç saatten birkaç yıla kadar değişkenlik gösterebilir. Öte yandan bu tür araştırmalar yüzey kırığı oluşturmuş ve arazide varlığı bilinen faylar üzerinde gerçekleştirilebilir. Arazide gözlenemeyen (orman dokusu, deniz ve göl ortamı, yerleşim yerleri v.b) ortamlarda bu türden araştırmaların yapılması da mümkün olmayabilir (jmo.org:2024). Son olarak dünya çapında meydana gelen büyük depremler, milyarlarca bölünme ekonomik zarara ve insanın yerinden olmasına yol açmıştır. Güvenli yapılar, yalnızca deprem sonrası onarımdan ayrıntılı bilgiler, aynı zamanda toplumların yeniden yapılanma süreçlerini hızlandırmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu bildiri, hem mühendislik alanında çalışan profesyonellere hem de kamu politikası oluşturucularına, deprem güvenliği konusunda daha hızlı mesafeler almalarında rehberlik hizmetleri sunmaktadır.

Çin, Hindistan ve Rusya gibi ülkelerde, kırsal kesimde amatör sismolog yetiştirilmektedir. Bu ülkelerde, din adamları, öğretmenler ve yöneticiler, arazi ve hayvan üzerinde gözlemler yapmaktadırlar. Bu tür gözlemler, deprem gibi doğal afetlere karşı erken uyarı yapabilme amacını taşır, ancak tam olarak ne zaman gerçekleşeceği bilinemez. Japonya, deprem uyarı sistemleri konusunda en gelişmiş ülkelerden biridir (Ersoy, 2014). Ancak, büyük depremler söz konusu olduğunda, bu uyarıların etkisi sınırlıdır. Deprem anı çok hızlı geldiği için, çoğu zaman birkaç saniye içerisinde alınabilecek önlemler bile yetersiz kalabilir. Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde, benzer sistemler geliştirilmeye devam etmektedir. Ancak, bu sistemler hala tam olarak istenen verimi verememektedir. Avusturya örneği, güvenli yapılar ve doğa ile uyumlu tasarımlar konusunda bir model teşkil etmektedir. Ağaçların kökleri toprağa sıkıca tutunarak evlerin yıkılmasını engellemeye yardımcı olabilir. Bunun yanı sıra, Türkiye'deki yerel yönetimlerin ve medyanın, bölgesel farklıkları göz ardı etmesi, afetlere karşı duyarsız kalmalarına neden olmaktadır. Yerel malzeme çeşitliliği ve coğrafi faktörler, yapıların sağlamlığında önemli rol oynamaktadır. Ege bölgesindeki yapılar, genellikle doğal taşlarla inşa edilirken, Karadeniz bölgesinde yağış miktarının fazla olması nedeniyle betonarme yapılar yerine farklı malzemeler tercih edilmektedir. Doğayla uyumlu yapılar inşa etmek, gelecekteki

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

nesiller için hayati öneme sahiptir. Evlerimizin etrafında ağaçlandırma yaparak, kökleri ile deprem dalgalarını soğurmasını, erozyonu ve heyelanı engellemeyi, zemin suyunu tahliye etmeyi ve oksijen üretimini gibi çok sayıda yarar sağlamaktadır (Ersoy, 2014).

2. DEPREM ÖNCEDEN HABER VERME ÇALIŞMALARI YERİNE NEDEN GÜVENLİ YAPILAR YAPMALIYIZ?

Depremler, yerkabuğundaki ani hareketlerin sonucunda ortaya çıkan ve en ciddi can ve mal kayıplarına yol açan doğal felaketlerdir. Dünya çapında meydana gelen büyük depremler, insanlığın en trajik olaylarından oluşur ve bu olayları toplumların sosyal, ekonomik ve psikolojik açıdan derinden etkilendiği gözlemlenir. Türkiye, tarihi boyunca pek çok büyük depreme tanıklık etmiş ve bu nedenle deprem riski yüksek bir coğrafyada yer almaktadır. Bölgedeki konumu nedeniyle çeşitli fay hatları bulunmakta ve bu durum, sürekli olarak deprem riski ile yüz yüze bırakılmaktadır. Bu bağlamda, depremlerle başa çıkabilmek için iki ana yaklaşım ön plana çıkmaktır (aa.com.tr, 2024) Deprem öncesinde haber verme sistemleri ve güvenli yapıların inşasıdır. Ancak her iki yaklaşımın etkinliği ve uygulanabilirliği açısından dikkatli bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Deprem öncesi haber verme sistemleri, potansiyel bir depremin yaklaşmakta olduğu veya meydana geldiğini bildiren teknolojik araçlardır. Bu sistemler, sismik hareketleri algılayarak, depremin meydana gelmesinden birkaç saniye önce insanları uyarma amacı taşır. Bu tür sistemler, anlık olarak yapılan acil işlemleri bildirmekte, insanların güvenli bir yere yönlendirilmelerine yardımcı olmaktadır. Ancak bu sistemlerin sınırlamaları ve eksiklikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer bir husus ise haber verme etkinliği, bu sistemlerin ne kadar yaygın ve erişilebilir olduğuna bağlıdır. Kırsal alanlar veya altyapı eksiklikleri bulunan yapıların bu sistemlerin yetersiz kalması, insanların güvenlik açısından ciddi riskler yaratmasını sağlayabilir. Ayrıca deprem anında insanların panik içinde hareket edeceklerinden, bu sistemlerin sunduğu bilgilere hızlı bir şekilde ulaşmak da mümkündür. Tüm bu nedenler, mevcut deprem haber verme sonuçları sadece birer önlem aracı olduğunu, ancak gerçek çözümün güvenli yapıların inşasında yattığını göstermektedir. Güvenli yapıların inşası ise, depremlere karşı kalıcı ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Mühendislik politikalarına uygun olarak tasarlanmış ve inşa edilmiş yapılar, deprem sırasında yıkılmadan ayakta kalabilmekte ve insan yaşamının korunması altında yer almaktadır. Bu yapılar, sağlam temeller, dayanıklı özellikler ve doğru mühendislik programlamaları ile inşa edilir, depremin olumsuzlukları ve az indirmeyi genelleştirir (Gök, 2023). Ayrıca güvenli yapılar, yalnızca fiziksel bir barınma sunmakla birlikte, aynı ekonomik zamanda kayıpları da en aza indirmektedir. Hasar gören yapılar, yeniden inşa maliyetleri ve uzun süreli ekonomik kayıplar anlamına gelirken, güvenli yapılar, bu ülkenin sonuna kadar uzanan, toplumun ekonomik istikrarını korumaktadır. Güvenli yapıların inşası, deprem sonrası kurtarma ve devam etme süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Güvensiz olarak inşa edilen yapıların yıkılması ve göçmesi, acil durumda kurtarma ekiplerinin ekibinin çalışmasını engelleyebilir ve bu durum, kurtarma sürecinin uzamasına neden olabilir (Dönertaş, 2006). Ancak, güvenli yapılar, bu tür engellerin ortadan kalkması, acil durum müdahalelerinin daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi olanaklarını tanır. Ayrıca, güvenli yapıların tarihleri, toplumun güven hissini

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

artıracak ve yaşam standartlarını yükseltmektedir. Bunun yanı sıra, güvenli yapıların inşası toplumsal yapı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır.



Şekil 2: Yer altındaki iki zemin kütlesinin zıt yönlerde hareket etmesi, fay hatları boyunca gerçekleşen ve genellikle deprem üreten yatay yer değiştirme sürecidir (jmo.org,2024-2).

İnsanların güveni içinde yaşadığı, eğitimin kattığı ve güvenli yapılar, sosyal dayanışmayı artırma ve toplumsal psikolojik sağlamlığını desteklemektedir. Güvenli yapılar, yalnızca fiziksel bir barınma sunmakla birlikte, aynı zamanda sosyal sağlıklarını korumalarına da katkı sağlamaktadır. Bu durum, özellikle deprem riski yüksek yerlerde yaşayan insanlar için kritik bir önem taşımaktadır (Özdemir, 2024). Güvenli yapıların inşaatı, sadece deprem gibi doğal felaketlere karşı değil, aynı zamanda iklim iklimi gibi küresel iklim koşullarına karşı da bir dayanıklılık kazandırılmaktadır. Bu bağlamda, güvenli yapıların sadece deprem öncesi değil, aynı zamanda deprem sonrasındaki etkilerinin bakış açısından da büyük önem taşıdığı. Güvenli yapıların inşası, insan yaşamının korunması ve ekonomik kayıpların azaltılması için en etkili yöntemdir. Bu bağlamda, hükümet, yerel yönetimler, inşaat sektörü ve toplumun diğer üyeleri, güvenli yapıların inşası için iş birliği yapmalı, etkili politikalar iyileştirmeli ve sürdürülebilir çözümler üzerinde yoğunlaşılmalıdır. Bu süreçte toplumsal gelirin arttırılması, eğitim programlarının düzenlenmesi ve teknoloji ile mühendisliğin birleştirerek güvenli yapıların yaygınlaştırılmalıdır. Depreme dayanıklı yapılar inşa etmek, teknik açıdan zor bir süreç

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

değildir; asıl önemli olan, yapıların kurulacağı alanların uygunluğudur. Özellikle gevşek alüvyon ortamlara inşa edilecek yapılar için, zemine uygun ölçekte dolgu oluşturmak büyük bir önem taşımaktadır. Bu uygulama, maliyet açısından da son derece basit ve ekonomiktir. Uygun dolgu işlemi sayesinde yapının temeli, sarsıntı anında gelen sismik dalgaları ilk olarak karşılayarak sönümlendirecek ve dolayısıyla yapıya zarar vermesini engelleyecektir. Ne yazık ki, ülkemiz insan hatalarından kaynaklanan yanlış uygulamalar nedeniyle depremlerden büyük zarar görmüştür. Yanlış planlama, çarpık kentleşme ve belli bölgelerde yoğunlaşan nüfus, bu zararların en büyük nedenleri arasında yer almaktadır. Şehirlerin planlamasında hangi parametrelerin dikkate alınması gerektiği sorusu, Cumhuriyetin kuruluşundan beri pek fazla sorgulanmamıştır. Ekonomik faktörler, şehir planlamasında en çok öncelik verilen unsurlardan biri olmuştur. Ancak sosyolojik ve kültürel parametrelerin göz ardı edilmesi, şehirlerin sağlıklı bir şekilde gelişimini engellemektedir. Örneğin, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen deprem sonrasında köylerde inşa edilen tek katlı yapılar ve bahçe alanlarına sahip konutlar, kırsal alanlardaki yaşam standardı açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir (Özdemir, 2024). Ancak hasar gören şehirlerde (örneğin Adıyaman, Hatay ve Kahramanmaraş), şehir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

merkezlerinde inşa edilen kalıcı konutların 5-6 katlı olarak projelendirildiği gözlemlenmektedir.

Şekil 3: Zemin dolgusu üzerine yapılan görsel yapay zekâyla tasarımı (2024-3)

Kırsalda yaşayan bireylerin bahçeye ihtiyaç duyduğu kadar, şehirde yaşayan bireylerin de yeşil alanlara, bahçelere ve doğal çevreye ihtiyaç duyduğu unutulmamalıdır. Bu ihtiyacı, çocuk parkları gibi sınırlı ve yapay alanlarla karşılamak mümkün değildir. Şehirlerdeki yapılaşmalarda kullanılan malzemeler ve uygulanan teknikler, ülkenin genelinde benzerlik göstermektedir. Bu durum, beraberinde çeşitli sorunları da getirmektedir. Yeşil alanların, özellikle de ağaçların eksik olduğu bir şehirde, sağlıklı ve huzurlu bir yaşam ortamının varlığından söz edilemez. Böyle bir ortam, yalnızca insan yaşamını değil, doğal hayatı da olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Depremi önceden haber alma konusu, insanlığın zihnini var



olduğu günden beri meşgul etmektedir. Bilimsel altyapının gelişimi ve teknolojideki hızlı ilerleme, bu konuda bilim camiasını sürekli bir arayışa yöneltmektedir. Depremi önceden haber

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

almak, aslında içinde yaşadığımız yapılara olan güvensizlikten kaynaklanmaktadır. Bu güvensizlik, yalnızca yapıların fiziksel dayanıklılığına değil, aynı zamanda şehir planlamasının sosyal ve kültürel boyutlarına da yansımaktadır. Dolayısıyla, depreme dayanıklı yapıların inşası ve sağlıklı şehir planlaması, gelecekteki yaşam standartlarımızı belirleyen en kritik unsurlar arasında yer almaktadır.

3. GÜVENLİ YAPILARIN İNŞA EDİLMESİNİN TOPLUMSAL ETKİLERİ NELER OLABİLİR?

Depremler, dünya çapında insanların yaşadıkları, doğal afetler arasında en yıkıcı olanlardan biridir. Türkiye gibi deprem kuşağında yer alan çeşitliliği, bu tehditlerin azaltılması için çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu stratejiler arasında, deprem mevcut haber verme sistemleri ve güvenli yapıların inşası öne çıkmaktadır. Alarmlı haber verme sistemleri, olay gerçekleşmeden önce bilgilendirmeyi genelleştirirken, güvenli yapıların inşası, fiziksel deprem dayanıklılığını sağlamakta ve toplumların uzun süreli süreleri artırılmaktadır. Bu yazılı, güvenli yapıların inşasının toplumsal etkilerinin ayrıntıları incelenecektir.

Güvenli yapıların inşası, afet yönetimi literatüründe önemli bir yer tutmakta ve bu konuda yapılan incelemeler, güvenli yapıların deprem sonrası can ve mal kaybı önemli ölçüde ayrıldığını göstermektedir. Güvenli yapı inşalarının, yalnızca bir yapının sağlamlığı ile değil, aynı zamanda bu yapıların içinde yaşayan insanların güvenliği ile de doğrudan kullanılabilirliği (afad.gov, 2024). Afetin meydana getirdiği kayıplar, yalnızca fiziksel yıkım ile sınırlıdır; Aynı zamanda toplumsal yapıyı da derinden etkiliyor. Yapıların güvenli olması, insanların psikolojik ve sosyal durumlarını da etkileyerek toplumun genel huzurunu arttırır. Deprem sonrasında meydana gelen kayıplar ve maddi kayıplar, toplumsal dayanışma gücü da zedeleyebilirken, güvenli yapıların varlığı, bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Güvenli yapıların inşası, yalnızca fiziksel değişimin arttırılmasıyla gösterilmemeli, aynı zamanda psikolojik iyileşmeyi de destekleyerek toplumsal rahatlığı sağlamaktadır. Deprem riski yüksek olan yapılar yaşayan insanlar, dayanıklı yapılar içinde bulunduklarında daha az kaygı duyulmaktadır. Bu durumda, günlük yaşamlarında daha olumlu bir psikolojik durum sergilemelerine yardımcı olmaktadır. Araştırmalar, güvenli yapıların deprem sonrasında meydana gelen travmanın kalıcılığına katkıda bulunduğunu göstermektedir (Özdemir, 2020). Depremin ardından yaşanan stres ve kaygı, güvenli ve sağlam yapılarda yaşayan bireyler için daha az hissedilmektedir. Bu da toplumun genel huzurunu arttırarak sosyal iletişimlerin güçlenmesine yol açmaktadır. Güvenli yapıların refahı, toplum içinde daha aktif bir şekilde yer almalarını teşvik eder (afad.gov, 2024). Toplumun stresinin azalması, sosyal etkinliklerin görülmesini artırması ve bu da toplumsal bağların güçlenmesine yol açması. Bu ekonomik, güvenli yapıların temin edilmesi, yalnızca sürdürülmemesi, toplumun genel sağlık ve mutluluk açısından da büyük önem verilmesi.

Güvenli yapıların varlığı, sosyal etkileşimi ve toplumsal dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir. İnsanlar, güvenli bir şekilde yaşamayı deneyimlediklerinde, topluluklarıyla daha fazla etkileşimde bulunmaları sağlanır. Bu durum, sosyal bağların güçlenmesine, toplumsal dayanışmanın artmasına ve kültürel mirasın korunmasına katkı sağlar. Güvenli yapılar, toplum içinde dayanışma ve yardımlaşma kültürünü destekleyen bireyler arasında daha güçlü bir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapıya kavuşmalarına olanak tanır. Özellikle doğal afetler sonrası yardımlaşma ve dayanışma eylemleri, güvenli yapıların varlığı ile daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Sosyal paylaşımı, sermayenin artışını artıran önemli bir faktördür. İnsanlar, güvenli yapıların içerdiği fazladan bir araya gelir, ortak daha etkinlikler düzenler ve bu sayede toplumsal dayanışmanın fikirleri geliştirirler. Güvenli yapıların inşası, yalnızca bireysel güvenliğin sağlanmasıyla kalırken, aynı zamanda toplumsal dayanışma ve yardımlaşma kültürünün güçlenmesine de katkıda bulunulur. Bu durum, afet anında ve sonrasında toplumsal dayanışmanın daha etkili bir şekilde gerçekleşmesine olanak tanır.



Şekil 4: Yanal kayma (transform) hareketler, iki tektonik levhanın yan yana, birbirine paralel ama zıt yönlerde hareket ettiği bir tektonik süreçtir. (2024-4)

Güvenli yapıların inşası, yerel ekonomilerin güçlendirilmesine katkı sağlar. İnşaat sektörü, bu süreçte yeni tesisler yaratma ve inşaat malzemeleri ile iş gücünün yerel kaynakların temin edilmesi, ekonomik döngüyü sürdürmesi. Güvenli yapı projeleri, inşaat sektörünün yanı sıra mühendislik ve mimarlık alanlarında da yeni iş olanakları sunmaktadır (Kaya, 2020). Bu süreç, yerel halkın ekonomik olarak güçlenmesine yardımcı olarak, aynı zamanda toplumun genel refah seviyesini artırmaktadır. Güvenli yapı inşalarının, yalnızca inşaat süreci değil, aynı zamanda ömrü boyunca bakım ve onarım hizmetleri ile yeni iş fırsatları doğurmakta, bu durum yerel ekonominin dinamikliğini artırmaktadır. Güvenli yapıların inşası sırasında kullanılacak yerel malzemelerin temini, yerel işletmelere ekonomik fayda sağlar. Bu durum, yerel ekonominin canlanmasına ve bölgedeki istihdam olanaklarının artmasının katkısını sağlar. Ayrıca güvenli yapıların inşası, inşaatın daha sonraki dönemde ekonomik açıdan etkilenmesi söz konusudur. Güvenli yapıların, deprem sonrasında hızlı bir şekilde yeniden yapılanma sürecinin hızlanmasını sağlarken, ekonomik kayıpların en aza indirilmesi de yardımcı olur. Güvenli yapıların inşası, deprem sonrası yeniden yapılanma sürecini hızlandırarak ekonomik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

istikrarı artırmaktadır. Depremin ardından parçalanmanın parçalarının güvenli yapıların inşa edilmesi, toplumların yeniden inşa sürecini hızlandırarak ekonomik kayıpların ve aza indirilmesine katkı sağlar. Örneğin depremler sonrasında güvenli yapıların hızlı bir şekilde inşa edilmesi, hem insan hayatını korumada hem de ekonomik kayıpları en aza indirmeye çalışmaktadır. Güvenli yapıların varlığı, aynı zamanda yerel yönetimlerin acil durum planlarını daha etkili bir şekilde uygulamalara olanak tanır (Filiz-Karagöz, 2023).

Yeniden yapılanma süreci, güvenli yapıların inşa edilmesi, yalnızca fiziksel olarak gerçekleştirilmemesi, aynı zamanda toplumsal psikolojik olarak toparlanması da katkı sağlanmaktadır. Toplum, güvenli yapılar sayesinde daha hızlı bir şekilde normal yaşantıya dönebilmekte ve bu da ekonomik istikrarı sağlamıştır. Yeniden yapılanma süreci, toplumsal dayanışma ve yardımlaşma duygusu güçlenir, bu toplumun genel refahını arttırır. Güvenli yapıların varlığı, toplumun doğal afetlerine karşı hazırlıklı hale getirilmesi sağlanarak, miktarı artırılmaktadır.



Şekil 5: Yer altındaki iki zemin kütlesinin zıt yönlerde hareket etmesi, fay hatları boyunca gerçekleşen ve genellikle deprem üreten yatay yer değiştirme sürecidir. (jmo.org,2024-5)

4. TARTIŞMALAR

Bu çalışma çerçevesinde elde edilen bulgular, deprem mevcut haber verme sistemlerine yapılan yatırımlar ile güvenli yapıların inşası arasındaki farklılıklarını genel bir şekilde ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, bu iki yaklaşımın karşılıklılığının yanı sıra, güvenli yapıların inşasının önemi ve gelişmelerin ele alındığını göstermektedir.

Karşılaştırma: Depremin mevcut haber verme sistemleri, teknolojik gelişmelerle birlikte belirli bir zaman diliminde sahip olmalarına rağmen, bu sistemlerin etkinliği çeşitli parametrelere

bağlı olarak sınırlandırılır. Bu sistemlerin doğru çalışabilmesi için gerekli olan altyapının farklılığı, hızlı veri işleme yeteneği ve toplumsal olarak benzer özellikler, sistemlerin görünümü doğrudan karşımıza çıkarmaktadır. Ancak, sağlanan zaman dilimi genellikle yetersiz kalmakta ve birçok çalışır durumdaki sistem insanları kurtarma konusunda etkili olamamaktadır. Öte yandan güvenli yapıların inşası, deprem anında insanların canlarının korunması ve ekonomik kayıp konusunda çok daha etkin bir çözüm sunmaktadır. Modern mühendislik teknikleri ile tasarlanan bu yapılar, depreme dayanıklı malzemelerle inşa edilmekte ve yerel çevre koşullarına uygun bir şekilde geliştirilmekte, böylece deprem sırasında meydana gelen yıkım ve zararları en aza indirmektedir (Alçık, 2023).

Kaynak Yönetimi: Depremi haber verme sistemlerine yapılan yüksek maliyetli yatırımlar (kurulacak sistemler için aletler, iş gücü, zaman ve ekonomik değer) anlamında, bu sistemlerin ekonomik fizibilitesini sorgulamakta ve bu durum, daha etkili bir şekilde kullanılması gerekliliğini gündeme getirmektedir. Güvenli yapılar, yalnızca inşa edildikleri anda değil, uzun vadeli toplumların genel risk yönetimi sistemlerine entegre edilerek daha sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu yapısal, güvenli yapılar, daha sonra yeniden oluşturulan paketlerde daha hızlı ve etkili bir yanıt verme birimine sahip olmaya devam etmektedir (Alçık, 2023).

Toplumsal Etkiler: Güvenli yapıların inşası, toplumların deprem riskinin azalmasını ve insanların yaşamlarının korunmasında iyileşme sağlamaktadır. Bu yapıların, depremin ardından hayata dönüşte kritik bir rol oynadığı görülüyor. Güvenli yapılar, yalnızca fiziksel bir koruma sağlamakla kalmıyor, aynı zamanda toplumların dayanıklılıklarını artırarak, bireylerin daha güvende hissetmelerine katkıda bulunuyor. Ekonomik istikrarı sağlarken, toplumsal bağları güçlendirir ve insanlar arasında güvenin pekiştirilmesini sağlar. Bu yapısal, güvenli yapılar, birleştirilmiş kolektif hafızaya ve kültürel yapıya katkı sağlayarak, toplumsal dayanışmayı teşvik etmektedir (Filiz-Karagöz, 2023).

Uluslararası Uygulamalar: Farklı çeşitlilikte güvenli yapıların inşasına yönelik yapılan yatırımlar, çeşitli başarılı örneklerle desteklenmektedir. Örneğin, Çin'de kırsal alanlardaki büyüme depreme dayanıklı konut projeleri, hem güvenli yapıların yaygınlaştırılmasına hem de yerel toplulukların bilinçlendirilmesine katkıda bulunulmaktadır. Hindistan'da yerel özelliklerle inşa edilen ekonomik ve dayanıklı yapılar, hem maliyet verimliliği hem de dayanıklılık açısından önemli bir model oluşturmaktadır. Ayrıca, Rusya'nın sert iklim koşullarına uygun deprem ve dayanıklı tasarımlar, yerel yoğunluklara uygun bir yaklaşım sunarak, bu yapıların örnek teşkil eden bir model haline gelmesini öneriyor. Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgede ise, yedi bölge özgü iklim ve zemin koşullarının kaydedilmesi, güvenli ve çevreye uygun yapıların inşa edilmesi kritik önemsenecek. Bunun örneklerini tarihsel yapılarda sıklıkla görmekteyiz (Cami, kilise, kümbet, saray, kervansaray ve diğer tarihsel yapılarda). Bu uygulamalar, güvenli yapıların inşasının sadece altyapı sorunu değil, aynı zamanda toplumsal bir sorumluluk olduğunu göstermektedir (Özdemir-Karataş, 2024).

Uzun Vadeli Çözümler: Güvenli yapıların inşası, uzun vadeli yapılar, deprem öncesi, toplumsal yaşamın arttırılması, insanların hayatlarının korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu yapıların korunması, erken uyarı sonuçları zaman diliminden çok daha değerlidir. Ayrıca, güvenli yapıların refahı, doğal afetlere karşı direncin gelişimi ve insan sağlığı üzerindeki olumlu etkiler, bu yapıların bir diğer önemli faydasıdır. Doğa ile uyumlu bir yaşam alanı sunan bu yapılar, estetik açıdan da tatmin edici çözümler sunmaktadır (İrdem - Mert, 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Politika Önerileri: Çalışmanın sonuçları, politika yapıcılar ve mühendisler için önemli öneriler sunmaktadır. Bu öneriler, güvenli yapıların inşasının teşvik edilmesi ve depremin haber verme sonuçlarının yeniden değerlendirilmesi vurgulanmaktadır. Ayrıca, güvenli yapıların inşa süreci yerel toplulukların sunumunun devam ettiği, inşaat bölümlerinin şeffaflığının ve toplumsal büyümenin başlatıldığı, bu önerilerin sunulduğu oluşur.

Bu bulgular, güvenli yapıların inşasının sadece teknik bir ihtiyaç değil, aynı zamanda toplumsal bir sorumluluk olduğunu göstermektedir. Deprem riskinin yüksek olduğu yapılar bu tür yapıların inşa bölümlerinin gerekliliği, toplumların uzun süre boyunca birikimlerini artırma potansiyelini artıracaktır. Güvenli yapıların eklenmesi, sadece deprem sonrası onarımdan daha fazlasını ifade etmekte, aynı zamanda toplumların yeniden yapılanma süreçlerini hızlandırmakta ve afetlere karşı hazırlıklarını güçlendirmektedir. Bu ekonomik, mühendislik alanında çalışan profesyoneller ve kamu politikası oluşturucuları, deprem güvenliği konusunda daha etkin ve sürdürülebilir yaklaşımlar benimsemeli ve uygulamalara yön vermelidir (İrdem - Mert, 2023).

Yerel iş gücünün varlığı, hem ekonomik kalkınma hem de istihdam yaratma olanağı önemli bir fırsat sunar. Ancak bu çalışmalarda yönetim ve denetim bolluğunun yeterliliği, olası yolsuzluk ve suiistimallerin önlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Farklı türden güvenli yapı uygulamaları, her ülkenin kendine özgü mülkiyeti, sosyal ve kültürel görüntüler yansıtılmaktadır. Yerel ortamların ve inşaat tekniklerinin kullanımı, maliyet etkinliğinin yanı sıra grupların kültürel zenginlik sağlama açısından da önemlidir. Ancak, yerel sistemin uluslararası standartlarla karşılanması, güvenli yapıların uygunluğunun sorgulanması ve bu durum, global standartların yerel koşullarla entegre edilmesi gösterilmektedir.

KAYNAKÇA

Alçık, H., İstanbul'da Kurulu Deprem Erken Uyarı ve Yapısal Alarm Sistemleri. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 26, 2, 65-72, 2023.

Dönertaş, A.S, Afet Yönetimi Kapsamında Güvenli Yerleşim Yerlerinin Tasarımı İçin Kentsel Tasarım Standartların Geliştirilmesi., Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

ERSOY, Ş., 2014 Yılındaki Doğa Afetlerine Küresel Bir Bakış 2014.

Filiz, M., Karagöz, Y., & Karaşin, Y., Depreme Maruz Kalan Bireylerin Psikolojik Etkilerini Belirlemeye Yönelik Ölçek Geliştirme Çalışması, Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 33, 236-250, 2023. https://doi.org/10.15182/diclesos.

Gök, S. B., Japonya birleşik risk modeli kapsamında Erzurum'un yeni gelişme alanlarının deprem riskinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 2023.

https://evrimagaci.org/depremleri-onceden-tahmin-etmek-mumkun-mu-5030 (Erişim tarihi: 09.09.2024)

https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turkiye-nin-fay-hatlari/3170167 (Erişim tarihii:15.11.2024)

https://www.afad.gov.tr/deprem-bolgesine-yonelik-calismalar (Erişim tarihi: 7.10.2024)

https://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=44&tipi=2 (Erişim tarihi:20.09.2024)

İrdem, İ., & Mert, E., Deprem, Dirençli Kent ve Acil Afet Yönetimi: Türkiye Örneği. Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi, 4, 2, 241-276, 2023.

https://doi.org/10.58658/kaypod.1

Özdemir, A. F., & Engin, C., Depremin Sosyal, Ekonomik ve İç Göçe Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14, 1, 15-26, 2024. https://doi.org/10.47147/ksuiibf.1469029.

Özdemir, I., Karataş, N., Deprem Anında Yapıların Hasar Almasına Etki Eden Mimari Ölçekli Faktörler ve Yunuskent Sitesi Örneklemi. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 6, 1, 1-29, 2024. https://doi.org/10.46464/tdad.1290795

ŞEKİL KAYNAKLAR

Şekil 1: Yanal Atımlı Fay Morfolojisi Örneği, A. M. Celal Şengör ve Umut B. Ülgen. (Erişim Tarihi: 30.10.2024-1)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Şekil 2: Yer altındaki iki zemin kütlesinin zıt yönlerde hareket etmesi, fay hatları boyunca gerçekleşen ve genellikle deprem üreten yatay yer değiştirme sürecidir. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/d92f3c395a121f9_ek.pdf (Erişim Tarihi:18.11.2024-2)

Şekil 3: Zemin dolgusu üzerine yapılan görsel yapay zekayla tasarımı. (Erişim Tarihi: 30.12.2024-3)

Şekil 4: Yanal kayma (transform) hareketler, iki tektonik levhanın yan yana, birbirine paralel ama zıt yönlerde hareket ettiği bir tektonik süreçtir. (Erişim Tarihi:19.11.2024-4)

Şekil 5: Yer altındaki iki zemin kütlesinin zıt yönlerde hareket etmesi, fay hatları boyunca gerçekleşen ve genellikle deprem üreten yatay yer değiştirme sürecidir. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/d92f3c395a121f9_ek.pdf (Erişim Tarihi:18.11.2024-5)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EVALUATION OF RARE EARTH ELEMENTS; APPLICATIONS, OCCURRENCES, DISCOVERIES, ANALYSIS, RECYCLING, AND ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM A GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL APPROACH

PhD Student, Mustafa BATUHAN ERTEKİN
Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources
batumertekin@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-9770-7157
Assoc. Prof. Dr., Berna YAVUZ PEHLİVANLI*
Yozgat Bozok University, Department of Geological Engineering,
66900, Atatürk Road, Yozgat, Türkiye *(Responsible Author)
berna.yavuz@yobu.edu.tr- ORCID: 0000-0003-0127-8525

ABSTRACT

Rare earth elements (REEs), comprising the lanthanide series (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, and Lu), as well as Sc and Y, are vital for many modern technologies, including cell phones, televisions, LED lighting, and wind turbines. Various analytical techniques used in these studies are described, including X-ray fluorescence spectrometry (XRF) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).This research provides an extensive overview of REEs' occurrence and mineralogy within the Earth's crust, showcasing various types of deposits on land and in oceans. Recent findings from the Indian subcontinent are also included, along with the latest applications of REEs in agriculture and medicine. The study discusses the environmental risks related to REE mining, its effects on human health, and the issues arising from large-scale REE-containing electronic waste disposal. Additionally, it examines recent progress in recovering REEs from coal ash and e-waste, presenting future supply strategies. Technological advancements in the separation of individual REEs in metallurgical and recycling processes are also highlighted. Sustainable management of rare earth elements (REE) is of great importance. In order to reduce environmental damage, recycling should be prioritized, investments should be made in new technologies and R&D studies, and national and international collaborations should be encouraged.

Keywords: Rare earth elements (REEs), REE recycling, Metallurgy, Environment, Ore deposits.

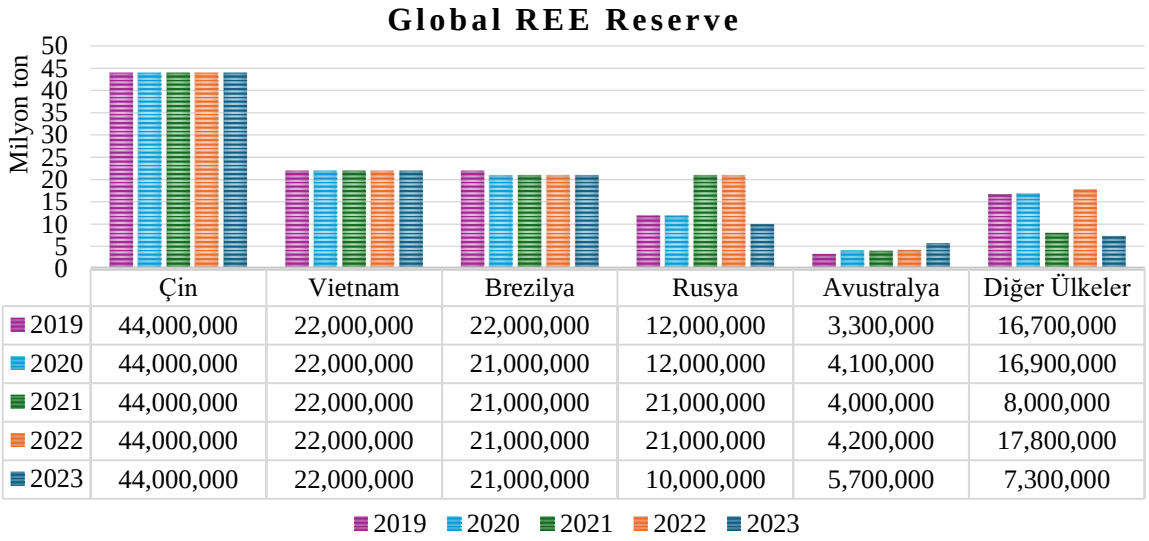
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INTRODUCTION

Rare earth elements (REEs) are found in various minerals in nature, including carbonate, oxide, and phosphate minerals. Approximately 200 minerals are known to contain REEs, and when silicates are included, this number increases to 245. The main minerals are known as bastnaesite, monazite, and xenotime. Bastnaesite is considered the most important REE mineral because it is the primary ore mineral of the two largest REE deposits.

Lanthanide group elements are found in nature as compounds in magmatic, sedimentary and metamorphic rocks. The environments where REEs are enriched are examined under two main headings:

Primary deposits: Formations related to magmatic rocks and hydrothermal activities. Secondary deposits: Deposits formed as a result of sedimentary activities and weathering processes. In addition, secondary gold deposits (placer and karst) formed by the transportation of gold from these primary deposits are also of great importance. The discovery of RTE (Rare Earth Elements) deposits usually begins with geochemical and geophysical methods. Detailed studies include: Geochemical Analyses: Determination of element concentrations in soil and rock samples. Geophysical Investigations: Detection of mineral deposits by magnetic, gravimetric and gamma radiation measurements. Field Studies: Investigation of carbonatite and granitic intrusions in particular (Figure 1).



	Çin	Vietnam	Brezilya	Rusya	Avustralya	Diğer Ülkeler
2019	44,000,000	22,000,000	22,000,000	12,000,000	3,300,000	16,700,000
2020	44,000,000	22,000,000	21,000,000	12,000,000	4,100,000	16,900,000
2021	44,000,000	22,000,000	21,000,000	21,000,000	4,000,000	8,000,000
2022	44,000,000	22,000,000	21,000,000	21,000,000	4,200,000	17,800,000
2023	44,000,000	22,000,000	21,000,000	10,000,000	5,700,000	7,300,000

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 1. Global REE Reserves

REE IN THE WORLD

In mining, the vast majority of rare earth elements (REE) mined by 2024 will come from China, primarily from the Bayan Obo mine in Inner Mongolia.

In the rest of the world, Mount Weld in Australia and Mountain Pass in the United States are the leading producers.

China will remain the largest mining country in REE supply through 2030, but Australia is expected to increase its share of the global total to 18%, while the United States is expected to maintain its share at 7%, similar to current levels

REE IN TURKEY

The exploration and technology studies in the field of rare earth elements (REE) in our country have recently gained momentum in parallel with similar studies in the world. In this context, a facility with a capacity of 1,200 tons/year was established by Eti Maden İşletmeleri to process the basnasite ore found in Eskişehir/Beylikova.

There are 30,358,268 tons of basnasite ore in the licensed area in question, and it is stated that the ore contains an average of 3.14% rare earth oxide (REE) (CeO2+La2O3+Nd2O3).

As a result of the research conducted by MTA, a total of 134.3 million tons of NTE resources, 6 million tons (1,420 ppm) in 2021, were discovered.

Studies for the production and acquisition of rare earth elements (REE) and rare earth oxides (NTO) are actively carried out in our country.

In the recent studies conducted by MTA, cerium, lanthanum, neodymium, praseodymium, uranium, thorium and Heavy Rare Earth Oxides (HRA) with a purity of over 99% were obtained.

ECONOMIC EVALUATIONS

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REEs are considered critical elements in the plans of many countries today. In a study conducted by the European Union, raw materials were classified in terms of supply risk and economic importance. In this study, light rare earth elements (LREE) and heavy rare earth elements (HREE) are at the top in terms of supply risk. The use of these elements in high-tech areas such as defense industry, lasers, optical cables, mobile phones, chips and various circuits, etc. makes NTEs increasingly indispensable for today's world.

NEW RESOURCES AND RECYCLING

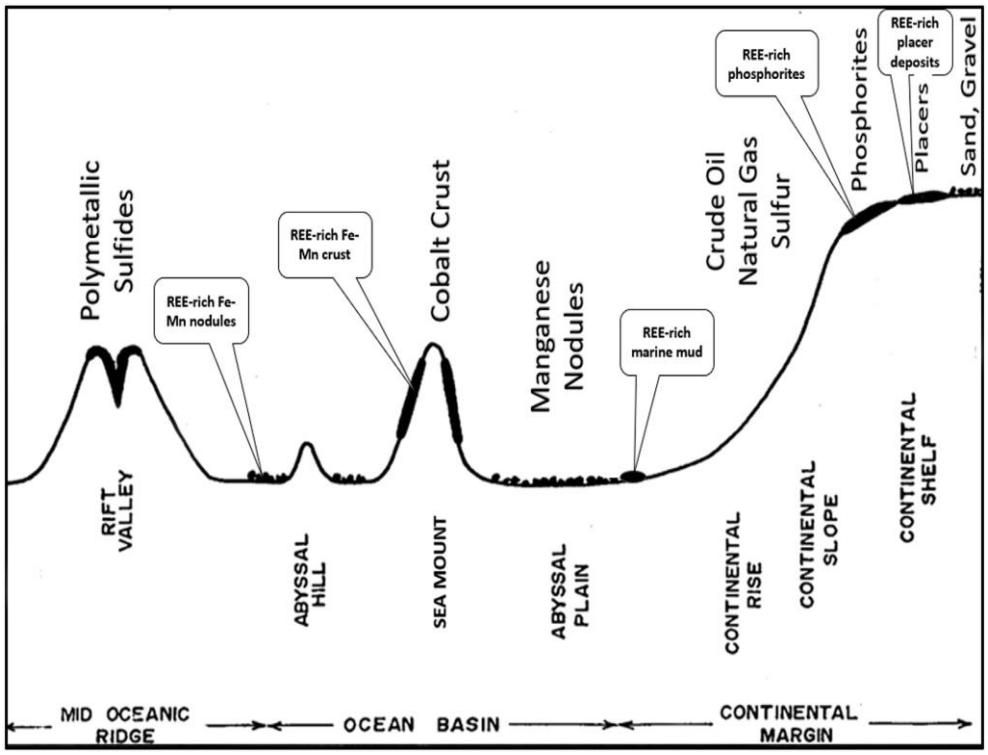
Separation of rare earth elements from used electronic devices. Example: 11 kg of rare earth elements can be obtained from recycling 100,000 iPhones.

Alternative Sources:

Innovative sources such as coal ash, ocean sediments. Deep sea mining potential, but economic and environmental challenges exist.

Technological Developments:

Advanced technologies such as Super League Molecular Recognition (MRT).



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 2. The occurrence of manganese nodules, cobalt crusts, marine mud, and phosphorites is common in ocean basins, seamounts, and continental margins within the oceans.

REE RECYCLING

During the years 2010-2011, when price fluctuations occurred, recycling was considered an important alternative in NTE supply. In this context, studies were also conducted on recycling used LED lamps and NdFeB magnets. However, researchers are divided into two groups on whether recycling and NTE production is economical or not. While one group thinks that recycling and NTE production is not an economical method because today's prices are not as high as they were between 2009-2011 and the lifespan of the products to be recycled is long, another group thinks that recycling and NTE production will be economical if high-capacity facilities are established and the recycling rate increases.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL

Mining and Processing Processes: Soil and water pollution, decrease in air quality.

Some reserves contain radioactive elements such as thorium and uranium. Environmental Effects: E-waste pollutes soil and water resources.

Effects on Human Health: Respiratory diseases and radiation-related health problems.

ENVIRONMENTAL AND HEALTH RISKS

Effects of Mining: Pollution of soil, water and air. Dispersion of thorium and uranium into the environment. Increase in E-waste: Rapidly increasing electronic waste, low recycling rates. Health Risks:High radiation exposure of workers in industrial areas.

CONCLUSION

Sustainable management of NTEs is of critical importance. Recycling should be a priority to reduce environmental damage. Investments should be made in new technologies and R&D studies. National and international collaborations should be encouraged.

Increasing green technologies are increasing the demand for rare earth elements (REE) in areas such as electric vehicles, solar panels and wind turbines. There is an increasing need to explore

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

and extract REE resources both on land and in ocean floor sediments. Deep sea mining and recovery of REE from coal ash, red mud and e-waste are seen as viable options in the future. However, careful monitoring is required to develop sustainable operating plans and not harm the environment.

The widespread use of REE leads to increased concentrations in the environment and potential risks to human health. Close monitoring is required in areas where phosphate-based fertilizers are used and in e-waste landfills. R&D studies to find substitutes for REE are important and advances in current technologies are insufficient. Innovative processes should be developed for the extraction and processing of REE from different sources. Analytical techniques, especially HR-ICP-MS, are of great importance in the accurate and precise determination of REE.

REFERANCES

Sander, S.G., Koschinsky, A., 2011. Metal flux from hydrothermal vents increased by organic complexation. Nature Geoscience 4, 145e150. Sandstrom, A., Fredriksson, A., 2012. Apatite for Extraction Leaching of Kiirunavaaraapatite for Simultaneous Production of Fertilizers and REE, vol. XXVI. IMPC, pp. 4707e4714.

Vind, J., Malfliet, A., Blanpain, B., Tsakiridis, P.E., Tkaczyk, A.H., Vassiliadou, V., Panias, D., 2018. Rare earth element phases in bauxite residue. Minerals 8 (77), 32. https://doi.org/10.3390/min8020077.

Li, Y., Schieber, J., 2015. On the origin of a phosphate enriched interval in the Chattanooga Shale (Upper Devonian) of Tennessee d a combined sedimentologic, petrographic, and geochemical study. Sedimentary Geology 329, 40e61.

Lichte, F.E., Meier, A.L., Crock, J.G., 1987. Determination of rare-earth elements in geological materials by inductively coupled plasma mass spectrometry. Analytical Chemistry 59, 1150e1157.

Lide, D.R., 1997. Abundance of elements in the earth's crust and sea. In: CRC Handbook of Physics and Chemistry, 78th ed. CRC Press, Boca Raton, p. 14.

Liu, Z., 1988. The effects of rare earth elements on growth of crops V. In: Pais, I. (Ed.), Proc. Int. Symp. New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and Their Role in Food Chain. University of Horticulture and Food Industry, Budapest, p. 23

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GRAPHITE DEPOSITS IN KAYSERI REGION AND TURKIYE GRAPHITE POTENTIAL

Assoc. Prof. Dr., Berna YAVUZ PEHLİVANLI [1-3]

Yozgat Bozok University, Department of Geological Engineering[1]; (Responsible Author)

berna.yavuz@yobu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0127-8525

Prof.Dr., Hatice KANBUR ÇAVUŞ [2-3]

YozgatBozok University, Institute of Hemp Research, Department of Material and Energy[2],

hatice.kanbur@bozok.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8525-0313

Yozgat Bozok University Erdoğan Akdağ Campus , Bozok Technopark Inc., 219/1, Hadid Energy, Industry and Trade Ltd. Co. 66100 Yozgat, Türkiye[3]

ABSTRACT

Graphite, a carbon mineral, has a soft and oily texture, capable of bending into thin sheets. Its value lies in its resistance to high temperatures and its unique properties of being both strong and weak. Predominantly found in metamorphic regions, graphite is especially present in schists and marbles near igneous rocks and possesses large reserves and high grades in regional metamorphic areas. Regional metamorphism involves the recrystallization of metamorphic rocks across extensive regions under high pressure and temperature. In Turkey, notable regional metamorphic areas include the Karakaya, Kırşehir, and Kozan Metamorphic Belts. The metamorphic rocks in Kayseri's Yahyalı area are influenced by the Kozan Metamorphic Belt, with the Yahyalı Pluton intruding into the metamorphic units of the Yahyalı Nappe, leading to skarn, iron, and lead-zinc mineralization. The mineralogical components of the metamorphic rocks in and around Kayseri include plagioclase, calcium clinoamphibole, biotite, chlorite, epidote, and apatite. Graphite content in this region has been analyzed using XRD for mineral content and XRF for elemental content, revealing low purity levels. The Karamadazi Pluton comprises rocks with quartz diorite/tonalite and leuco granite compositions. Graphite deposits in Kayseri hold substantial reserves in regional metamorphic areas. Graphite applications span the metallurgy and refractory industry (40-45%), automotive industry (15%), machine parts lubrication (15%), carbon brushes (10%), batteries (10%), and pencil lead production (5-10%). Turkey is not globally competitive in graphite production and meets its needs through imports. Approximately 6,000 tons of graphite are imported annually, mainly from Europe and China. Some of the imported graphite is originally exported from Turkey and re-imported at higher

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

prices, highlighting the need for detailed exploration of potential graphite fields in Turkey to meet domestic and international market demands.

Keywords: Kayseri graphite deposits, Regional metamorphism, Graphite mineralogy, XRD and XRF analyses, Graphite import and export

INTRODUCTION

Graphite deposits are quite common in Turkey and are found in various regions. There are also graphite deposits in the Kayseri region. Graphite formations in the Kayseri region are generally found in metamorphic rocks and marbles. Especially the mineralizations around the Yahyalı district contain graphite. These mineralizations are generally seen in nappe units consisting of carbonate rocks and have been detected as discordant ore veins along the nappes (Tekin 2009) (Figure 1).

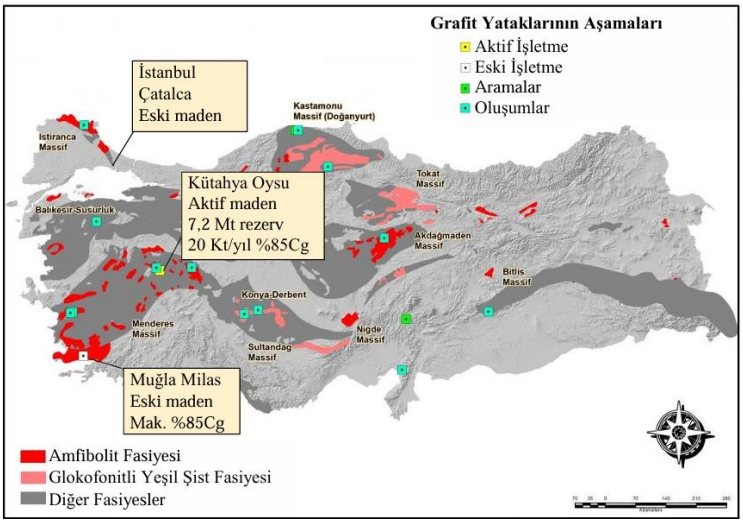


Figure 1. General distribution of graphite formations and deposits in Turkey and the lithological relationships of these formations with metamorphic rocks.

The metamorphic rocks of Kayseri, especially in the Akdağ metamorphic massif, have an important place. The metamorphic rocks in this region were formed as a result of geological processes that developed in the Paleozoic era and continued in the Mesozoic era. The Akdağ metamorphics are covered by the Tuzla Formation, which is represented by deep-sea limestones and volcanics. These metamorphic rocks are found on the surface in Felahiye and Özvatan districts and have been studied together with the metamorphic, magmatic and sedimentary rocks covering them in the immediate vicinity. The stratigraphic and tectonic features in this region

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

are related to the Kuştepe gabbro, Silahtar metagranite and Atdere foid syenite located under the Akdağ metamorphics (Figure 2).

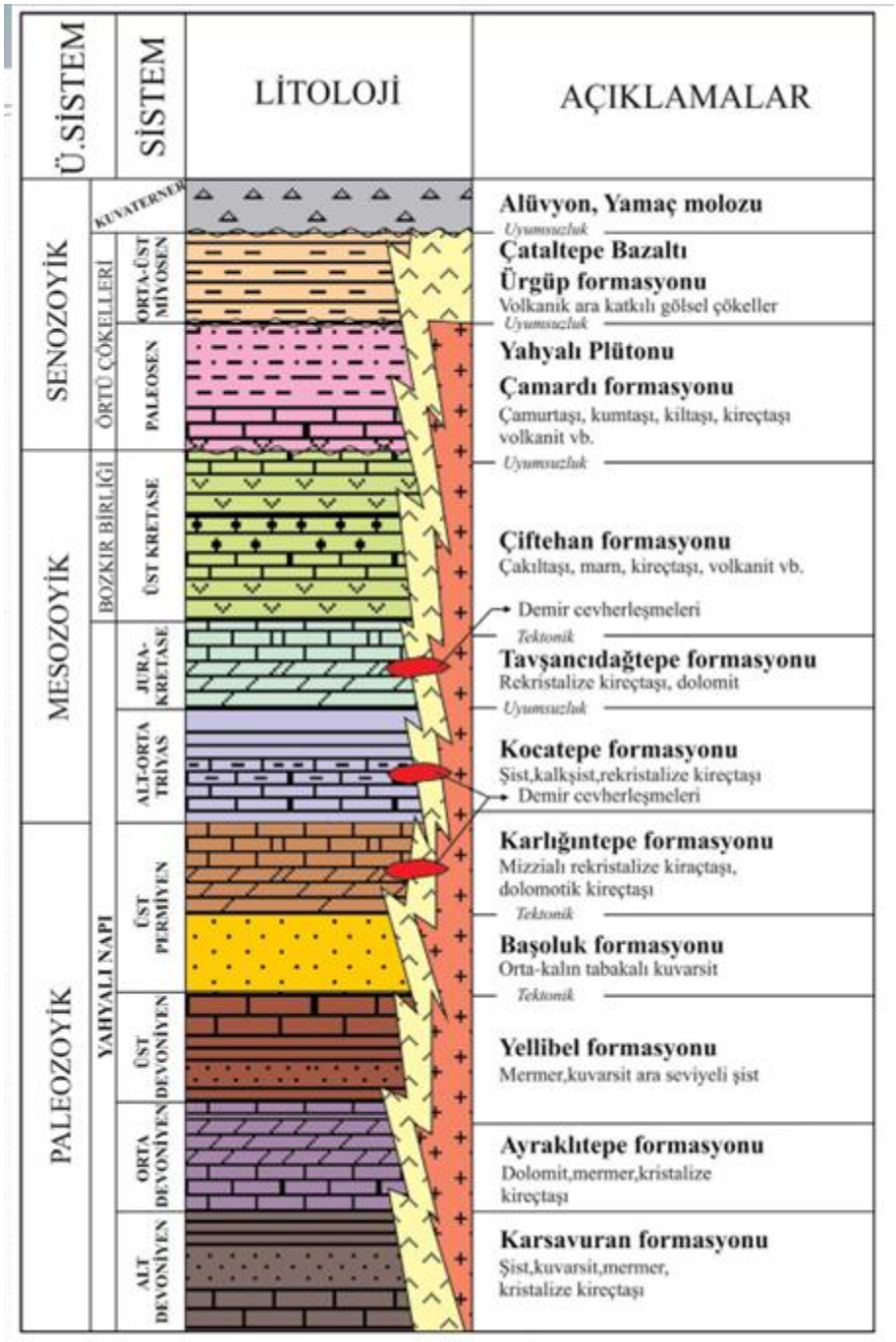


Figure 2. Generalized columnar section of Kayseri Metamorphics (Keskin and Alan, 2013).

The metamorphic rocks of Kayseri have significant value in terms of geological research and historical studies. These rocks provide critical information to understand the geological history and tectonic activities of the region. Graphite has an important place as a strategic raw material

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

used in many areas such as electric vehicles, paint industry, lithium batteries and electronic devices. The graphite deposits in this particular area of Kayseri are part of the country's general graphite reserves and these reserves play a critical role in meeting Turkey's energy and industrial needs. In the face of the increasing importance of natural resources throughout history, many countries, communities and the European Union (EU) have carried out and continue to carry out many studies on critical raw materials. The most important of these studies include the "Critical Raw Materials for the EU" report prepared by the European Union and the "Risk Lists" prepared by the British Geological Survey (BGS). In the "Critical Raw Materials for the EU" report, 41 raw materials were examined and 14 critical raw materials were determined. Graphite is among these 14 critical raw materials.

The British Geological Survey (BGS) created a risk criterion by examining 52 elements/element groups in 2011 and published the "Risk List 2011" list. In addition to this study, a separate study was conducted for industrial minerals in 2012 and the "BGS Industrial Minerals Risk List 2012" was prepared. Graphite is one of the important raw materials in these studies. The reasons why graphite is considered a strategic raw material are as follows:

• Excellent thermal conductivity

• Excellent electrical conductivity (Can be 20 times more conductive than copper)

• Important properties such as high heat resistance (Uysal, 2012a; Uysal, 2012b; Uysal, 2012c; EU Report, 2014)

Graphite is a carbon mineral (carbon minerals; coal, graphite and diamond) and has very different properties from coal and diamond. The density of coal is 1.3-1.9 g/cm³, that of graphite is 2.1-2.3 g/cm³, and that of diamond is 3.5 g/cm³.

Graphite is a gray-black opaque mineral (sometimes with an earthy-matte luster) with a metallic luster. It is one of four forms of pure crystalline carbon (the others are carbon nanotubes, diamond, and fullerenes).

The structure of diamond consists of a regular isometric structure in which each carbon atom is bonded to four other carbon atoms by strong covalent bonds - it is the hardest known mineral.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

In graphite, the carbon atoms are bonded to only three other carbon atoms, forming extremely stable, two-dimensional layers. However, here each layer is weakly bonded to neighboring layers by van der Waals bonds.

The elements Si, Al, Fe, Ca, K, Mg, S, Ti, Na, Ba, Mn, V, Zr, Cr, Rb, Co, Sr, Zn, Gd, Ni, Mo, Au, Ga, Nb, Y, Pb, Pt, and Cu were detected in abundance according to their contents obtained from XRF analysis (Figure 3)

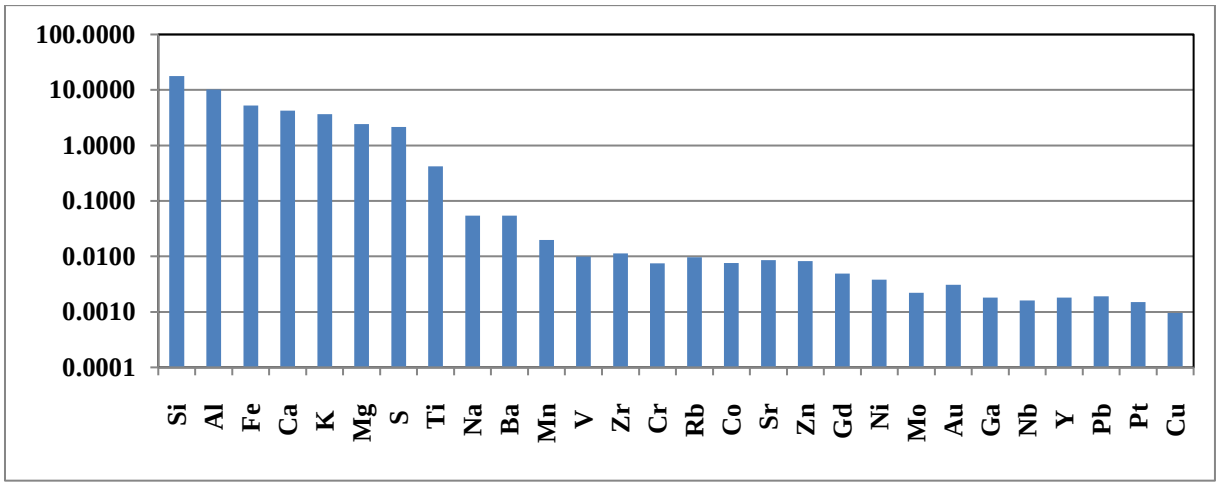
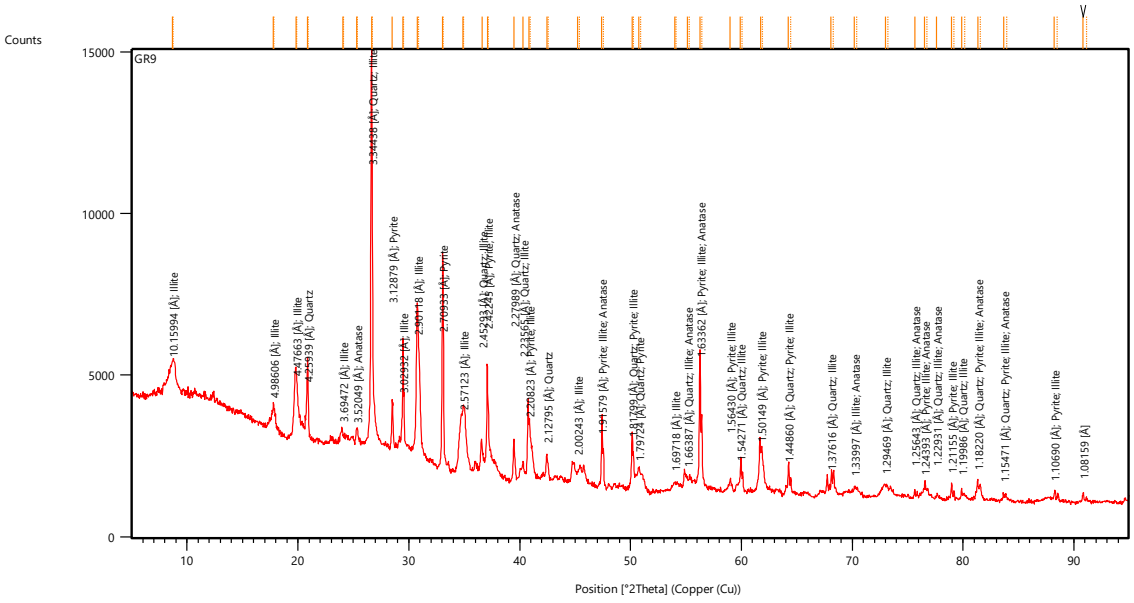


Figure 3. Elemental contents of Kayseri graphites.

Graphite peaks were determined according to XRD data and were also detected in minerals such as quartz, illite, pyrite, anatase (Figure 4).



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 4. XRD data of Kayseri graphites.

CONCLUSION

The element and mineral contents of graphite deposits in the Kayseri region are quite diverse. According to the data obtained from XRF analyses, abundant elements such as Si, Al, Fe, Ca, K, Mg, S, Ti, Na, Ba, Mn, V, Zr, Cr, Rb, Co, Sr, Zn, Gd, Ni, Mo, Au, Ga, Nb, Y, Pb, Pt and Cu were detected in these deposits. In addition, graphite peaks were determined according to XRD data and were detected in minerals such as quartz, illite, pyrite, anatase. These element and mineral contents reveal the geochemical structure and economic potential of graphite formations in the Kayseri region. This diversity enables the use of graphite in the region in many industrial applications. As a result, graphite formations in the Kayseri region are an important part of Turkey's general graphite reserves and these reserves play a critical role in meeting the country's energy and industrial needs. Graphite is used as a strategic raw material in various industries and has important properties such as high thermal and electrical conductivity. Geological studies in Kayseri and its surroundings reveal the potential and value of graphite deposits in this region.

REFERANCES

1. Özvatan V. (1993), The Stratigraphy and tectonics of the cover rocks of the Akdağ metamorphic massive in the area around, 92 s., Ankara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
2. Tekin, E. 2009. Yahyalı (Kayseri) çevresindeki kurşun-çinko yataklarının karşılaştırmalı eser element jeokimyası / Trace element geochemistry of the lead-zinc deposits in the Yahyali (Kayseri) region. Cumhuriyet Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 81 s.
3. MTA 2017 Faaliyet Raporu,https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/kurumsal/belgeler/faaliyet_raporu_2017.pdf
4. USGS, 2020. Graphite Statistics and Information. https://www.usgs.gov/centers/nmic/graphite-statistics-and-information (son erişim 2020).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

5. Keskin, H., Alan, İ. 2013. Yahyalı (Kayseri)–Dündarlı (Niğde) Arasında Kalan Alanın Jeolojisi (Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evrimi ve Metalojenezi Projesi), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 11612, 50, Ankara

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YÜKSEK SİLİKA İÇERİKLİ BOKSİT CEVHERİNDEN ASİDİK LİÇ YÖNTEMİYLE NADİR TOPRAK ELEMENTİ KAZANIMI

Doç. Dr. Turan UYSAL
Gümüşhane Üniversitesi
turanuysal@gumushane.edu.tr - 0000-0003-1643-6725

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek silika içeriği nedeniyle Bayer prosesinde kullanılamayan Kemiklitepe boksit cevherinden (Karaman, Türkiye) Nadir Toprak Elementlerinin (NTE) kazanılabilirliği araştırılmıştır. Öğütülmüş boksit cevheri, Na_2CO_3 ile 800-1000 °C aralığındaki sıcaklıklarda alkali kavurmaya ve ardından kavrulmuş boksit cevheri su ve asit liçi olmak üzere iki kademeli liç işlemine tabi tutulmuştur. Su liçi sonrası kalan liç atığının H_2SO_4 liçi sonucu cevherden toplam NTE kazanımı %89 olarak bulunmuştur. Bulgular, yüksek silika içeriğine sahip boksit cevherinin alkali kavurma ve H_2SO_4 liçi işlemleriyle etkili bir şekilde kazanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Boksit, Liç, Nadir Toprak Elementi.

1. GİRİŞ

Metalürjik kalite boksit cevherleri için alümina (Al_2O_3) miktarı ile reaktif silis (SiO_2) içeriği arasındaki kütlesel oran yani silis modülü Bayer prosesi için kritik öneme sahiptir. Reaktif silika, desilikasyon ürünü (DSP) olarak bilinen çözünmez sodyum alüminosilikat hidrata dönüşerek ciddi bir alümina ve kostik soda kaybına neden olmaktadır. Böylece Bayer prosesinin ekonomik olarak işleyebilmesi için prosese giren cevherin silis modülünün optimum bir değerde tutulması gerekmektedir. Optimum modülün boksit tipine ve teknik ekonomik koşullara bağlı olarak tesisten tesise değişiklik göstermesine rağmen alt sınır ortalamasının 7-8 civarında olduğu kabul edilmektedir. İyi kalite boksitlerin modül değeri 10'un üzerindedir[1]. Ancak bu koşulu sağlayabilecek yüksek tenörlü boksit yatakları sınırlı sayıda ve rezervleri giderek azalmaktadır. Bunun yanında düşük modüllü boksit cevherleri daha geniş yayılım göstermekte ve daha büyük rezervler oluşturmaktadır. Bu tür cevherlerin yüksek silis içeriğinden dolayı Bayer prosesinde doğrudan kullanımları mümkün olamamaktadır. Boksitlerin yüksek silis içeriğinden kaynaklı sorunların çözümüne yönelik bazı araştırmacılar tarafından birtakım yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemlerin uygulamadaki bazı teknolojik ve ekonomik zorluklarından dolayı silis sorunu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

tam olarak çözülmüş değildir. Yüksek silisli boksitin verimli bir şekilde geliştirilmesi ve kullanılması, alümina endüstrisi için acil ve önemli bir zorluk haline gelmiştir[2].

Yüksek silisli boksitten alümina elde etmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu deneysel aşamadadır ve sadece birkaçı endüstriyel olarak uygulanmıştır. Alkali metotlar alümina üretiminde iyi bir yere sahipken, asit metotları boksit atığının minimize edilmesi ve geri dönüştürülmesi gibi avantajlara sahiptir. Bu nedenle, alkali ve asit yöntemlerini birleştirmek için Sun vd., (2023) yüksek silisli boksitten Al_2O_3 ve SiO_2 ekstraksiyonunu sıfır atıkla gerçekleştirmeye çalışmışlardır. Çalışmaya göre boksit cevheri Na_2CO_3 ile sinterlenerek aktive edilmiş, sonra sinterlenmiş numuneye su liçi yapılmış böylece sodyum alüminat çözeltisi elde edilmiştir. Su liçi sonucu çözünmeyen katı sülfürik asit liçine tabi tutularak SiO_2 ve kalan Al_2O_3 yüklü liç çözeltisine alınmış, bu yüklü çözeltiden ise polimerizasyon yoluyla silika jel ve polialuminyum ferrik sülfat üretimi gerçekleştirilmiştir[2]. Valeev vd., (2023) yaptığı çalışmada Severoonezhsk (Rusya) böhmitik boksit cevheri yüksek silika içeriğine (μ_{Si}<3) sahip olup Bayer prosesinde kullanılamaz niteliktedir. Asidik ve alkali yöntemlerin avantajlarını birleştiren bisülfat yöntemi (H_2SO_4 ve NH_4SO_4) uygulanmıştır. Çalışmada liç sıcaklığı (130-200 °C), çözelti-cevher oranı (8-12) ve liç süresinin (5-90 dakika) Al ve NTE çözünürlükleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Al, Fe ve Ga çözünürlüklerinin >%90 olduğu, silis ve titanyanın ise çoğu atıkta (kekte) kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, %70-80'lik bir NTE liç verimi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüksek silisli boksitlerin işlenmesi için etkili bir teknolojinin olabileceği belirtilmiştir[3]. Li vd., (2022) yaptıkları çalışmada, yüksek silisli boksitten ön kavurma ve iki aşamalı liçten oluşan yeni bir sıfır atık prosesi önermiştir. Prosese göre kavurma sıcaklığı 310 °C'nin üzerine çıktığında boksitteki diaspor ve kaolinit kristal suyunu kaybederek yavaş yavaş sırasıyla alümina ve metakaoline dönüşmüştür. Kavurma sıcaklığı 950 °C'nin üzerine çıktığında ise metakaolin amorf bir alüminosilikat fazına ve silikaya ayrışmıştır. Kavurma sıcaklığı ve süresi arttıkça ayrışan alümina ve silikanın kristalliği artmakta, böylece boksitin liç verimi düşmektedir. Liç için en uygun kavurma koşulları; 1050 °C'de 30 dakika olarak belirlenmiştir. Al_2O_3 ve SiO_2'nin liç verimleri sırasıyla %94 ve %88'in üzerinde bulunmuştur[4].

Dünya emtia arzı ve talebi göz önüne alındığında NTE'ler kritik hammaddelerin en başında yer almaktadır[4]. NTE'ler, kalıcı mıknatıslar (elektrikli araçlar, güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri), elektrik-elektronik cihazlar, şarj edilebilir piller (NiMH piller), modern tıp cihazları gibi ileri teknolojik pek çok cihaz ve ekipmanın üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar[5,6]. Bu nedenle ülkeler U ve Th içeriği düşük olan kırmızı çamur[7], uçucu küller[8], özellikle iyonik killer[9,10], boksit[3] ve boksit ilişkili cevherler[11,12] gibi ikincil jeolojik kaynaklardan NTE üretimi arayışına girmişlerdir. Bu çalışmada da silis içeriğinin yüksek olması nedeniyle teknolojik olarak Bayer prosesinde kullanılamayan boksit cevherlerinden NTE ve Al kazanımı araştırılmıştır. Bu kapsamda, Kemiklitepe boksit cevheri asidik liç yöntemiyle sürdürülebilir kaynak kullanımı açısından değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Demireller Madencilik A.Ş'ye ait ocaklardan Kemiklitepe boksit cevheri kırma-eleme tesisinden kırılmış, harmanlanmış cevher temsili olarak alınmıştır. Kemiklitepe boksit cevheri başlıca; diaspor, hematit, anataz ve albit içermekte, NTE minerali olarak ise seriyanit ve allanit minerallerinden oluşmaktadır. Cevher, Toros dağlarının Mersin'le Karaman arasındaki Bolkardağları kesiminde yer alan Kemiklitepe (Ayrancı, Karaman) yataklarından sağlanmıştır.

2.2. Yöntem

Kırma-eleme tesisinden alınan yaklaşık 2 mm boyutundaki cevherin sertliğinin yüksek olmasından dolayı çelik bilyeli değirmen ile 300 µm boyutuna öğütülmüştür. Öğütülmüş cevher ASTM E-11 tip test elekleriyle elenmiştir. Boyut küçültme işlemi tamamlanan cevher, döner örnekleyici ile eşit miktarda homojen olarak altı parçaya ayrılmış, deneylerde kullanılmak üzere poşetlerde saklanmıştır.

Diasporitik boksitlerden önemli oranda Al ekstraksiyonu elde etmek için yüksek sıcaklık (>250 °C) ve yüksek alkali konsantrasyonu (>200 g/L Na_2O) gereklidir. Na_2CO_3 oldukça ekonomik olup endüstride kullanılmaktadır. Cevherin çözündürülmesine katkı sağlamak için alkali kavurma öncesi Na_2CO_3 ile cevher numuneleri karıştırılmıştır. Sinterleme katkı maddelerinin dozajları genellikle boksitteki ana bileşenlerin içeriklerine göre belirlenir. Bu çalışmada, CaO yokluğu nedeniyle hem Al_2O_3 hem de SiO_2, Na_2CO_3 ile reaksiyona girecektir. Bu nedenle, Na_2CO_3 dozajının kontrol edilmesinde gösterge olarak $Na_2O/(Al_2O_3 + SiO_2)$ molar oranı kullanılmıştır. Karışım, daha önce yayınlanmış çalışmaya (Sun vd., 2023) dayanarak $Na_2O/(Al_2O_3 + SiO_2)$ mol oranı 1 olacak şekilde hazırlanmıştır[2].

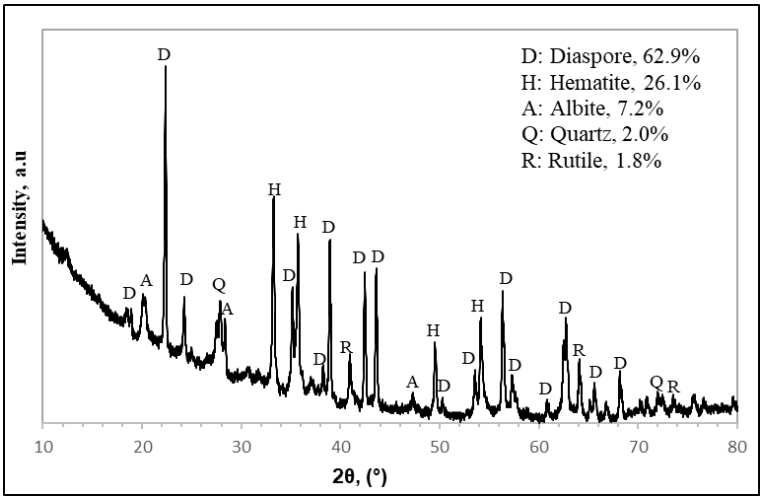
Liç deneyleri, 500 cm^3 yatak hacmine sahip balon ısıtıcı cihazına yerleştirilmiş 500 cm^3 cam balonda, manyetik karıştırıcıyla karıştırılabilen, geri soğutucu altında, çözelti sıcaklığının sürekli olarak gözetlendiği, çeker ocak içerisinde kurulmuş bir düzenekle kesikli olarak gerçekleştirilmiştir. Balon ısıtıcısında ayrıca bir de manyetik karıştırma olanağı da olduğundan karıştırma işlemi için dışarıdan bir karıştırıcıya ihtiyaç duyulmayacaktır. Yüklü liç çözeltisindeki elementel NTE analizi ICP-MS ile yapılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Boksit Cevherinin Karakterizasyonu

Kemiklitepe boksit cevherinin mineralojik içeriği XRD analiziyle belirlenmiş ve Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre cevherde bulunan başlıca mineraller, diaspor (α-AlOOH), kuvars (SiO_2), hematit (Fe_2O_3), albit ($NaAlSi_3O_8$) ve rutildir (TiO_2).



Şekil 1. Kemiklitepe boksit cevherinin XRD deseni

Alınan numunenin ICP analizi ALS Global Analiz Laboratuvarlarında (Galway, İrlanda) yapılmış olup major oksitler için ICP-AES ve NTE analizi için ise ICP-MS analizlerinin kombinasyonu olan ME-MS81d kodlu analiz paketi yapılmıştır. ICP-AES analiz sonucu Çizelge 1'de, NTE analizi için yapılan ICP-MS sonucu ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. ICP-AES analiz sonucuna Kemiklitepe boksit cevherinin kimyasal içeriği

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	A. K
15,6	47,8	22,4	0,40	0,06	1,50	0,63	2,43	0,06	0,10	9,62

Çizelge 2. ICP-MS analiz sonucuna göre Kemiklitepe boksit cevherinin kimyasal içeriği

Ce	La	Y	Nd	Nb	Sc	Pr	Dy	Er	Gd	Sm
307	202	148	143	58,4	2,4	38,1	23,8	15,2	21,70	24,80

Yb	Ho	Lu	Eu	Tb	Tm	Toplam	Rb	Th	U
15,40	5,03	2,40	4,83	3,70	2,36	**1017**	24,2	50,2	7,51

Mineralojik analizlerin sonuçlarına bakılırsa, Al_2O_3 kaynağının diaspor, Na_2O'nun kaynağının ise albit olduğu açıktır. Bunlarla birlikte, cevherdeki Fe_2O_3'ün varlığının sebebi ise hematit olup bunun yanı sıra

demir oksitler yerkabuğunun yüzeye yakın bölümlerinde birincil ya da ikincil oluşumlu olarak bolca bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2'de Toplam NTE içeriği 1017 ppm olup Hepvidinli (2019) tarafından bu yatak ile ilgili yapılan çalışma içeriğine (1043 ppm) oldukça yakın değerde içeriğe sahiptir[13]. Ayrıca cevherin silis modülünün (Al_2O_3/SiO_2: 3,06) Bayer prosesine uygun olmadığı silis içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Böylece cevherin NTE kaynağı olarak değerlendirilebilir bir niteliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

3.2. Asit Liçi Deneyleri

Alkali kavurma işlemiyle, diaspor ve kaolinit öncelikle $Na_{2-x}Al_{2-x}Si_xO_4$ (x= 0, 0.05 ve 0.25) ve yeterli Na_2CO_3 ile tamamen reaksiyona girerek amorf bir faza dönüşmüştür. Asit liçi işleminde ise neredeyse tamamen çözülmektedir. Su liçi ve asit liçi sonucu NTE ve majör oksit içerikleri Çizelge 3'te, kazanım değerleri ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Su liçi sonucu majör oksit ve NT elementlerinin içeriği

	Ce, ppm	La, ppm	TNTE, ppm	SiO_2, %	Al_2O_3, %	Fe_2O_3, %	CaO, %	Na2O, %	TiO_2, %	LOI
Tüvenan cevher	307	202	1018	15,60	47,80	22,40	0,40	1,5	2,43	9,62
950 °C su liçi	367	208	1137	16,60	16,05	25,60	0,43	14,7	2,81	20,1
950 °C asit liçi	130	77	409	6,5	18,3	9,23	0,18	34,5	1,02	25,4

Çizelge 4. Asit liçi sonucu majör oksit ve NT elementlerinin kazanımı değerleri

	Ce, ppm	La, ppm	TNTE, ppm	SiO_2, %	Al_2O_3, %	Fe_2O_3, %	CaO, %	Na_2O, %	TiO_2, %
950 °C su liçi	85,64	69,11	68,25	68,08	89,93	65,7	67,75	-	65,31
950 °C asit liçi	89,41	88,85	89,21	88,3	65,8	89,2	87,4	29,6	89,1

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Kemiklitepe boksit cevheri (Karaman-Türkiye) mineralojik ve kimyasal olarak karakterize edilmiştir. Buna göre, cevher başlıca; diaspor, hematit, kuvars, albit ve rutil içermektedir. Cevherin ortalama toplam NTE içeriği 1018 ppm olup değerlendirilebilir bir içeriğe sahiptir. Ayrıca %47,8 Al_2O_3 ve %15,6 SiO_2 içermektedir ve silika içeriği Bayer prosesi için oldukça yüksektir. 950 °C'de alkali kavrulan cevherin su liçi atığının H_2SO_4 liçi sonucu NTE kazanımı %89, Al kazanımı ise %66 olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, cevherden NTE ve Alüminyumun yüksek verimle kazanılabileceği belirlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmayı 24.F5118.04.02 numaralı Proje aracılığıyla finansal olarak destekleyen GÜBAP2904 Madencilik Uzmanlık Destek Programı'na ve Ayrancı'dan (Karaman, Türkiye) şist cevheri örnekleri sağlayan Demireller Madencilik A.Ş.'ye teşekkürlerini sunarlar.

References

1. Jiang, Y., Li, W., Feng, R. Preparation and Performance of 4-Alkyl-4,4-Bis (Hydroxycarbamoyl) Carboxylic Acid For Flotation Separation of Diaspore Against Aluminosilicates, Minerals Engineering, 24, 1571-1579, 2011.
2. Sun, Y., Pan, A., Ma, Y., Chang, J. Extraction of alumina and silica from high-silica bauxite by sintering with sodium carbonate followed by two-step leaching with water and sulfuric acid, RSC Adv., 13, 23254, 2023.
3. Valeev, D., Shoppert, A., Dogadkin, D., Romashova, T., Kuz'mina, T., Salazar-Concha, S. Extraction of Al and rare earth elements via high-pressure leaching of boehmite-kaolinite bauxite using NH_4HSO_4 and H_2SO_4, Hydrometallurgy, 215, 105994, 2023.
4. Li, Y., Pan, X., Lv, Z., Wu, H., Yu, H. Multi-element comprehensive utilization of high-silicon bauxite by roasting pretreatment and two-stage leaching, Minerals Engineering, 187, 107805, 2022.
5. Krishnamurthy, N., Gupta, C. K. Extractive Metallurgy of Rare Earths (Second Edition), CRC Press-Taylor & Francis Group, 2016.
6. Ünal E.C., Karacahan, M., Uysal, T. Hydrometallurgical roadmaps and future strategies for recovery of rare earth elements, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 2023.
7. Borra, C.R., Blanpain, B., Pontikes, Y., Binnemans, K., Gerven, T.V. Recovery of Rare Earths and Other Valuable Metals From Bauxite Residue (Red Mud): A Review, J. Sustain. Metall. 2:365–386, 2016.
8. Jha, M.K., Kumari, A., Panda, R., Kumar, J.R., Yoo, K., Lee, J.Y. Review on hydrometallurgical recovery of rare earth metals, Hydrometallurgy, 165, 2-26, 2016.
9. Yang, X.J., Lin, A.J., Li, X.L., Wu, Y.D., Zhou, W.B., Chen, Z.H. China's ion-adsorption rare earth resources, mining consequences and preservation, Environmental Development, 8, 131-136, 2013.
10. Papangelakis, V.G., Moldoveanu, G.A. Recovery of rare earth elements from clay minerals, In: Proceedings of the 1st Rare Earth Resources Conference, Milos, 191-202, 2014.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

11. Öztürk, H., Hanilçi, N., Altuncu, S., Kasapçı, C. Rare earth element (REE) resources of Turkey: an overview of their characteristics and origin, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 159: 143-129, 2019.

12. Uysal T., Kıyak T., Erüst Ü. C., Sis H., Erdemoğlu M., Kıyak T. Characterization Of Kızıldağ (Karaman-Turkey) Shale Ore For REE Recovery, 9th International Congress Of Mining Machinery and Technologies, İzmir, 2023.

13. Hepvidinli, B. Kızıldağ ve Kemiklitepe (Ayrancı-Karaman) Boksit Cevherleşmeleri ve İlişkili Kaynak Kayaçlarının Nadir Toprak Element İçeriklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2019.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ARAZİ VE ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Emrah DEMİRTAŞ
Amasya Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü
emrahdemirtas86@gmail.com- 0009-0006-3315-8631
Dr. Erhan BERGİL
Amasya Üniversitesi- Mühendislik Fakültesi
erhan.bergil@amasya.edu.tr- 0000-0002-6526-1661

ÖZET
Gün geçtikçe artan enerji maliyetlerinin yükünü hafifletmek için birçok işletme arayış içindedir. Yatırım maliyetlerinin düşmesi ve işletme bakım maliyetlerinin düşük olması sebebiyle Güneş Enerji Santralleri, bu işletmelerin elektrik giderlerinin azaltılması, tamamen karşılanması veya bir miktar ek gelir elde etme hususunda bir çözüm oluşturmaktadır. Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kapsamında kurulan güneş enerji santralleri, işletmelerin tükettiği elektriğin bir kısmını veya tamamını güneş enerjisinden karşılanmasına hatta tüketimden fazla üretilen elektriğin bir kısmının satışının yapılmasına olanak sağlamaktadır.
Günümüzde yaygın olarak çatı tipi ve arazi tipi güneş enerji santralleri kurulmaktadır. Burada çatı tipi güneş enerji santralleri, lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinin 5. Maddesinin birinci fıkrasının (c) bendi uyarınca belirlenecek kurulu gücü ve sözleşme gücünü geçmeyecek, tüketim tesisi ile aynı ölçüm noktasındaki güneş enerji santralini; Arazi Tipi güneş enerji santralleri ise lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinin 5. Maddesinin birinci fıkrasının (h) bendi uyarınca, tüketim tesisi ile üretim tesisinin farklı noktalarda olduğu güneş enerji santrallerini belirtmektedir.
Bu çalışmamızda bir güneş enerji santralinin üretim ve tüketim noktası aynı olacak şekilde çatıya kurulması veya üretim ve tüketim noktası farklı olacak şekilde araziye kurulması durumlarının yatırım maliyeti, enerji üretim değerleri ve dağıtım bedelleri açısından karşılaştırılmalı analizleri gerçekleştirilecektir.
Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santrali, Yenilenebilir Enerji, Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

12 Mayıs 2019 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği, elektrik ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak isteyen birçok işletme, mesken, sanayi ve kamu kuruluşları için bir çözüm oluşturmaktadır.
EPDK tarafından yayınlanan Eylül 2024 Elektrik Piyasası sektör raporundaki verilere göre elektrik ihtiyacını Lisanssız elektrik üretim yönetmeliği kapsamında karşılamak isteyen tüketim tesislerinin en çok tercih ettiği üretim tesisi %96,02 oranla Güneş Enerji Santralleri olmuştur.[1] Güneş enerji santralleri yaygın olarak arazi ve çatı tipi olarak kurulmaktadır. Arazi ve çatı tipi güneş enerji santrali kurulumları arasında yönetmelik açısında birtakım farklılıklar ve sınırlamalar bulunmaktadır.
Bu çalışmada arazi ve çatı tipi güneş enerji santrallerinin yönetmelik açısından, enerji üretim değerleri açısından farklılıkları ve karşılaştırmalı analizleri gerçekleştirilecektir.

2. YÖNETMELİK AÇISINDAN FARKLILIKLAR

Bir elektrik tüketicisi ihtiyacı olan elektrik enerjisini lisanssız elektrik üretim yönetmeliği kapsamında çatı veya araziye kurabileceği güneş enerji santrali aracılığıyla karşılayabilir. Hatta burada belirli bir miktara kadar ürettiği fazla elektriğin şebekeye satışını gerçekleştirerek ek gelir elde edilebilir.
Lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinin 5. Maddesinde lisans alma ve şirket kurma muafiyeti kapsamındaki durumlar belirtilmiştir. Yönetmeliğin 11. Maddesinin 3. Fıkrasında "Bu Yönetmelik kapsamında faaliyet göstermek isteyen kişiler, bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünü ve 5 inci maddenin birinci fıkrasının (c) bendi uyarınca belirlenecek kurulu gücü geçmeyecek şekilde tüketim tesisi ile aynı ölçüm noktasında, dağıtım tesisi niteliğinde tesis teçhiz etmeden, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurabilir. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri ancak çatı ve cephe uygulaması olarak gerçekleştirilebilir" denilmektedir. Bu maddeye istinaden tüketim tesisi ile aynı ölçüm noktasında üst sınırı yönetmeliğin 5. Maddesinin 1. Fıkrasının 'c' bendinde belirtilen gücü geçmeyecek şekilde çatı ve cephe uygulamalı güneş enerji santrali kurulabilmektedir.
Yönetmeliğin 5. Maddesinin 1. Fırkasının 'h' bendinde ise; "Belediyeler ve bunların bağlı kuruluşları ile sanayi tesisleri ve tarımsal sulama amaçlı tesisler tarafından bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün iki katı ve diğer kişiler bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü ile sınırlı olmak kaydıyla, tüketim tesisi ile aynı ya da farklı ölçüm noktasında kurulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi," denilmektedir. Bu maddeye istinaden, tüketim ile üretimin farklı yerlerde olduğu arazi tipi güneş enerji santrali kurulabilmektedir.
Yönetmeliğin 11. Maddesinin 3. Fıkrası kapsamında kurulan çatı ve cephe uygulamalı güneş enerji santralleri için dağıtım bedelleri yönünden çeşitli muafiyetler vardır. Bu husus EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) tarafından 30 Aralık 2021 tarihli 10699 sayılı kurul kararında düzenlenmiştir. Kurul kararında aynı ölçüm noktasında kurulan lisanssız elektrik üretim tesisleri için "Dağıtım bölgesinde aynı ölçüm noktasında kurulan lisanssız elektrik üretim tesisleri ve bu tesisler ile ilişkilendirilen tüketim tesislerinde, tüketimi aşan üretim miktarına lisanssız üreticilere ilişkin tek terimli dağıtım tarifesi uygulanır. Üretim ve tüketimin dengelendiği veriş yönündeki enerji miktarı için söz konusu dağıtım tarifesi üzerinden %100 indirim yapılır. Üretimi aşan tüketim miktarına ise ilişkili tüketim tesisisin dahil olduğu abone grubu için onaylanan dağıtım bedeli uygulanır. Üretim ve tüketimin dengelendiği çekiş yönündeki enerji miktarı için söz konusu dağıtım bedeli üzerinden %50 indirim yapılır" denilmektedir. Farklı ölçüm noktasında kurulan lisanssız elektrik üretim tesisleri için ise;

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

"Dağıtım bölgesinde farklı ölçüm noktasında kurulan, lisanssız elektrik üretim tesislerinde üretilen ve bu tesisler ile ilişkilendirilen tüketim tesislerinde tüketilen enerjinin tamamı için dağıtım sisteminin kullanımına ilişkin bedeller ayrı ayrı uygulanır" denilmektedir. Bu durum için Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1- Dağıtım bedelleri uygulama çizelgesi

Tesis Tipi (Madde/Fıkra/Bent No)	Elektrik Veriş Miktarı (kWh)	Elektrik Çekiş Miktarı (kWh)	Dağıtım Bedeli Veriş (DBV) (TL/kWh)	Dağıtım Bedeli Çekiş (DBÇ) (TL/kWh)
5/1/c 11/3	100	100	-	100*DBÇ*0,5
	150	100	50*DBV	100*DBÇ*0,5
	100	150	-	(100*DBÇ*0,5) + (50*DBÇ)
5/1/h	100	100	100*DBV	100*DBÇ
	150	100	150*DBV	100*DBÇ
	100	150	100*DBV	150*DBÇ

3. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZLER

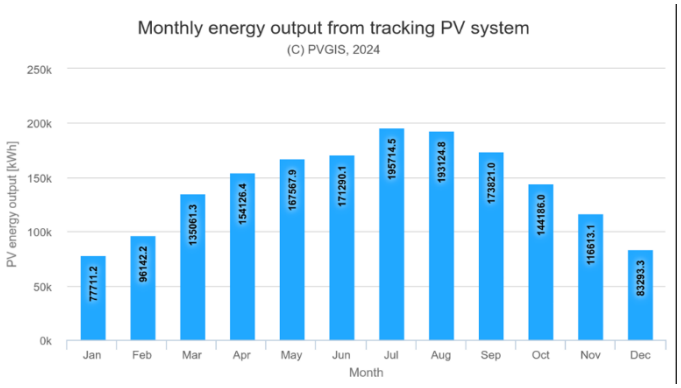
3.1. Üretim Verileri Karşılaştırmaları

Arazi tipi güneş enerji santrallerinde üretim değerleri çatı tipi güneş enerji santrallerine göre daha fazla olabilmektedir. Bunun sebebi arazi tipi güneş enerji santrallerinin eğim açısı güneşe göre optimum düzeyde tutulurken, çatı tipi güneş enerji santrallerinde genellikle çatının eğim açısına göre ayarlanır.

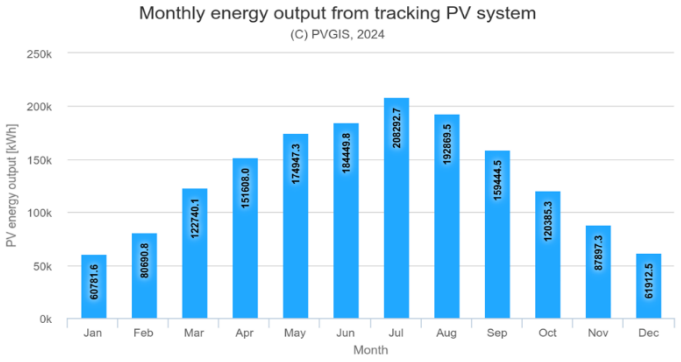
PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)[2] üzerinden aynı lokasyona ait bir noktada hem arazi tipi hem de çatı tipi güneş enerji santrali için üretim analizleri yapılmıştır. Arazi tipi güneş enerji santralinin üretim verilerinin analizi yapılırken kurulu güç 1 MWp (MegaWatt peak) olarak belirlenmiş, optimum eğim açısının ise kurulum yapılacak lokasyona göre program tarafından belirlenmesi istenmiştir ve bu değer 33° derece olarak bulunmuştur. Çatı tipi güneş enerji santrali için kurulu güç 1MWp olarak belirlenmiş, eğim açısı ise ortalama bir işletme çatısının eğimi açısı olan 10° derece olarak alınmıştır.

Arazi ve çatı tipi güneş enerji santrallerinin PVGIS sistemi üzerinde alınan üretim verileri görsel 1 ve görsel 2'de verilmiştir. 1 MWp gücünde 33° derece eğim açısı ile araziye kurulan bir güneş enerji santralinin yıllık üretebileceği enerji miktarı 1.708.652 kWh (KiloWatt hour) olarak bulunmuştur. Aynı lokasyonda, aynı güçte ve 10° derece eğim açısı ile çatıya kurulacak bir güneş enerji santralinin yıllık enerji üretim değeri ise 1.606.019 kWh olarak hesaplanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1-Aylara göre arazi tipi GES üretim değerleri



Görsel 2-Aylara göre çatı tipi GES üretim değerleri

3.2. Sayısal Analizler

Hesaplamalarda kullanılacak perakende tek zamanlı enerji ve dağıtım bedelleri EPDK tarafından yayınlanan güncel elektrik faturalarına esas tarife tablolarından alınmıştır. Analizler yapılırken kullanılan tüketim verileri için bir işletmenin aylık sabit bir şekilde 125.000 kWh elektrik tükettiği varsayılmıştır. Elektrik faturalarına esas tarife tablolarında bulunan "kamu ve özel hizmetler sektörü ile diğer" abone grubuna ait yaklaşık 3,06 TL olan perakende tek zamanlı enerji bedeli ve aynı abone grubuna ait yaklaşık 1,17 TL olan dağıtım bedeli baz alınmıştır. Ayrıca lisanssız üreticilere ilişkin tek terimli dağıtım tarifesi olarak yaklaşık 0,37 TL baz alınmıştır.

Bu hesaplamalar için bir excel tablosu hazırlanmıştır. Arazi tipi güneş enerji santrali için yapılan hesaplamalar Çizelge 2'de verilmiştir. Burada PVGIS sistemi üzerinden alınan aylara göre olan üretim verilere çizelgeye girilmiş ve tüketim değeri olarak da her ay için 125.000 kWh olarak belirlenmiştir. Çizelgeyi incelediğimizde, araziye güneş enerji santrali kurulması durumunda yıllık toplamda 2.388.452 TL dağıtım bedeli ödeneceği öngörülmektedir. Üretilen enerjisinin fazlasının satışından sağlanacak gelir miktarı ise 638.618 TL'dir. Bu durumda yatırım sonrası, işletmenin yıllık 1.749.834 TL fatura ödemesi beklenmektedir. Güneş enerji santralinin hiç kurulmaması durumunda bu işletmenin ödeyeceği fatura miktarı 6.348.438 TL olarak hesaplanmıştır. Yatırım sonrası yıllık faydası 4.598.604 TL olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamalara vergiler dahil edilmemiştir.

Çatı tipi güneş enerji santrali için yapılan hesaplamalar Çizelge 3'te verilmiştir. Burada PVGIS sistemi üzerinden alınan aylara göre olan üretim verileri çizelgeye girilmiş ve tüketim değeri olarak da her ay için 125.000 kWh olarak belirlenmiştir. Çizelgeyi incelediğimizde çatı tipi güneş enerji santrali kurulması durumunda yıllık toplamda 1.123.777 TL dağıtım bedeli ödeneceği öngörülmektedir. Üretilen enerjisinin fazlasının satışından sağlanacak gelir miktarı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ise 324.492 TL'dir. Bu durumda yatırım sonrası, işletmenin yıllık 799.285 TL fatura ödemesi beklenmektedir. Güneş enerji santralinin hiç kurulmaması durumunda bu işletmenin ödeyeceği fatura miktarı 6.348.438 TL olarak hesaplandığından yatırım sonrası yıllık faydası 5.549.153 TL olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2-Arazi tipi GES hesaplama çizelgesi

ARAZİ TİPİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ

ELEKTRİK GÜNCEL FİYATLARI			
Abone Grubu	Aktif Enerji Birim Fiyatı (TL/kWh)	Dağıtım Bedeli Çekiş (TL/kWh)	Dağıtım Bedeli Veriş (TL/kWh)
Ticarethane	₺3.06	₺1.17	₺0.37

	Üretim	Aylık DBV Bedeli	Tüketim	Aylık DBÇ Bedeli		Kalan	
Ocak	77,711 kWh	28,700 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Alış	-47,289 kWh	-144,736 ₺
Şubat	96,142 kWh	35,507 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Alış	-28,858 kWh	-88,325 ₺
Mart	135,061 kWh	49,881 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	10,061 kWh	30,794 ₺
Nisan	154,126 kWh	56,922 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	29,126 kWh	89,147 ₺
Mayıs	167,568 kWh	61,887 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	42,568 kWh	130,287 ₺
Haziran	171,290 kWh	63,261 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	46,290 kWh	141,679 ₺
Temmuz	195,715 kWh	72,282 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	70,715 kWh	216,435 ₺
Ağustos	193,125 kWh	71,325 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	68,125 kWh	208,509 ₺
Eylül	173,821 kWh	64,196 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	48,821 kWh	149,426 ₺
Ekim	144,186 kWh	53,251 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Satış	19,186 kWh	58,722 ₺
Kasım	116,613 kWh	43,068 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Alış	-8,387 kWh	-25,670 ₺
Aralık	83,293 kWh	30,762 ₺	125,000 kWh	146,451 ₺	Alış	-41,707 kWh	-127,651 ₺
TOPLAM	1,708,652 kWh	631,043 ₺	1,500,000 kWh	1,757,409 ₺	Toplam Satış	334,892 kWh	1,024,999 ₺
					Toplam Alış	-126,240 kWh	-386,382 ₺
					TOPLAM	Gelir(+)/Gider(-)	638,618 ₺

ÖDENECEK TOPLAM DAĞITIM BEDELİ	2,388,452 ₺		
ENERJİ SATIŞ GELİR(+)/GİDER(-)	638,618 ₺	YILLIK FAYDA	YATIRIM BEDELİ
YATIRIM SONRASI (GELİR-GİDER)	-1,749,834 ₺		
ESKİ ELEKTRİK GİDERİ	6,348,438 ₺	$131,389	$550,000
NET KAR / FAYDA (YILLIK)	4,598,604 ₺		

Çizelge 3-Çatı tipi GES hesaplama çizelgesi

ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ

ELEKTRİK GÜNCEL FİYATLARI			
Abone Grubu	Aktif Enerji Birim Fiyatı (TL/kWh)	Dağıtım Bedeli Çekiş (TL/kWh)	Dağıtım Bedeli Veriş (TL/kWh)
Ticarethane	₺3.06	₺1.17	₺0.37

	Üretim	Aylık DBV Bedeli	Tüketim	Aylık DBÇ Bedeli		Kalan	
Ocak	60,782 kWh	0 ₺	125,000 kWh	110,845 ₺	Alış	-64,218 kWh	-196,552 ₺
Şubat	80,691 kWh	0 ₺	125,000 kWh	99,182 ₺	Alış	-44,309 kWh	-135,617 ₺
Mart	122,740 kWh	0 ₺	125,000 kWh	74,549 ₺	Alış	-2,260 kWh	-6,917 ₺
Nisan	151,608 kWh	9,827 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	26,608 kWh	81,439 ₺
Mayıs	174,947 kWh	18,447 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	49,947 kWh	152,873 ₺
Haziran	184,450 kWh	21,956 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	59,450 kWh	181,957 ₺
Temmuz	208,293 kWh	30,762 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	83,293 kWh	254,933 ₺
Ağustos	192,870 kWh	25,066 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	67,870 kWh	207,727 ₺
Eylül	159,445 kWh	12,721 ₺	125,000 kWh	73,225 ₺	Satış	34,445 kWh	105,424 ₺
Ekim	120,385 kWh	0 ₺	125,000 kWh	75,929 ₺	Alış	-4,615 kWh	-14,124 ₺
Kasım	87,897 kWh	0 ₺	125,000 kWh	94,960 ₺	Alış	-37,103 kWh	-113,560 ₺
Aralık	61,913 kWh	0 ₺	125,000 kWh	110,182 ₺	Alış	-63,088 kWh	-193,091 ₺
TOPLAM	1,606,019 kWh	118,778 ₺	1,500,000 kWh	1,004,999 ₺	Toplam Satış	321,612 kWh	984,353 ₺
					Toplam Alış	-215,592 kWh	-659,861 ₺
					TOPLAM	Gelir(+)/Gider(-)	324,492 ₺

ÖDENECEK TOPLAM DAĞITIM BEDELİ	1,123,777 ₺		
ENERJİ SATIŞ GELİR(+)/GİDER(-)	324,492 ₺	YILLIK FAYDA	YATIRIM BEDELİ
YATIRIM SONRASI (GELİR-GİDER)	-799,285 ₺		
ESKİ ELEKTRİK GİDERİ	6,348,438 ₺	$158,547	$450,000
NET KAR / FAYDA (YILLIK)	5,549,153 ₺		

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma için karşılaştırma tablosu Çizelge 4'te verilmiştir. Yapılan hesaplamalara vergiler dahil edilmemiştir. Çatı tipi güneş enerji santrali kurmak hem kurulum maliyeti açısından hem de işletme giderleri açısından daha uygundur. Ancak yüksek elektrik tüketimine sahip işletmelerin çatılarında yeterli alan bulunmadığı için arazi tipi güneş enerji santrallerine yönelmektedirler.

Arazi tipi güneş enerji santrallerinin yatırım maliyeti daha yüksektir. Bu maliyet farklılığı araziye kurulacak olan konstrüksiyon, trafo ve orta gerilim hücreleri gibi çeşitli ekipmanlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca işletme giderleri de çatı tipi güneş enerji santrallerine oranla oldukça yüksektir, işletme giderlerinin temel faktörlerinden biri dağıtım bedellerinden kaynaklanmaktadır. Arazi tipi güneş enerji santralleri çatı tipi güneş enerji santrallerine göre dezavantajlı olsa da yüksek elektik tüketimine sahip ve çatısında yeterli alanı bulunmayan işletmeler için tek alternatif durumundadır.

Çizelge 4-Karşılaştırma tablosu

	ÇATI TİP GES	**ARAZİ TİPİ GES**
1 MWp yıllık üretim değeri	1.606.019 kWh	1.708.652 kWh
Ödenecek yıllık dağıtım bedeli	1,123,777 TL	2,388,452 TL
Enerji satışından sağlanan gelir	324.492 TL	638.618 TL
Yatırım bedeli	$450,000.00	$550,000.00
Yıllık fayda	$158,547.00	$131,389.00

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1. EPDK Elektrik Piyasası Sektör Raporu-Eylül 2024 https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-23/elektrikaylik-sektor-raporlar

2. https://pvgis.com/

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE CURRENT VOLTAGE CHARACTERISTICS OF Au/CdTe SCHOTTKY DIODES AT HIGH TEMPERATURES

Prof. Dr. Hatice KANBUR ÇAVUŞ
Yozgat Bozok University and Bozok Teknopark, Hadid Enerji, Yozgat-Türkiye.
Email: hatice.kanbur@bozok.edu.tr ORCID: 0000-0001-8525-0313

ABSTRACT

Cadmium telluride (CdTe) is a crucial semiconductor widely used in technologies such as solar cells, radiation detectors, and diodes due to its high optical absorption coefficient and direct band gap in the visible light spectrum. In this study, the current-voltage (I-V) characteristics of Au/CdTe Schottky barrier diodes were investigated over a temperature range of 300-380 K. The temperature dependence of key diode parameters, including barrier height and ideality factor, was analyzed using thermionic emission (TE) theory. Additionally, the series resistance (R_s) of the diodes was extracted from forward bias I-V characteristics using Cheung's method. Also, it is shown that the values of series resistance estimated from Cheung's method were strongly temperature dependent and decreased with increasing temperature.

Keywords: Au/CdTe; Schottky diode, series resistance, Cheung's method.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. Introduction

Many researchers have recently chosen CdTe for use in device applications such as semiconductor solar cells, radiation detectors, and diodes. Its high optical absorption coefficient and direct bandgap within the visible light spectrum have been key factors influencing their decision [1-8]. Various methods have been reported in the literature for preparing CdTe thin films, including sputtering, spray pyrolysis, metal-organic chemical vapor deposition, and thermal evaporation [9-15]. Among these, the thermal evaporation technique offers significant advantages, such as high deposition rates and lower costs. This method creates a strong vacuum, enabling the fabrication of very high-purity thin films. Recent studies have examined the structural and optical properties of CdTe thin films prepared by thermal evaporation [16-23].

2. Experiment

CdTe was deposited on monocrystalline CdTe (111) substrates using the thermal evaporation technique under a vacuum of approximately 2×10^{-5} Torr. Prior to deposition, CdTe wafers were cleaned using a standard cleaning procedure and subsequently quenched in deionized water with a resistivity of 18 MΩ. After surface preparation, high-purity gold (Au) metal (99.999%) with a thickness of 1000 Å was thermally evaporated in a vacuum system at a pressure of ~10^{-6} Torr. Low-resistance ohmic contacts were formed by thermal annealing at 400 °C for 5 minutes in flowing N_2 gas. Following the formation of ohmic contacts, circular Au rectifying contacts with a diameter of 1 mm and a thickness of 1100 Å were deposited onto the CdTe surface. Hall Effect measurements confirmed that the films were n-type. The I-V characteristics of the Au/n-CdTe diode were analyzed using the Keithley 4200 UCF Semiconductor Parameter Analyzer.

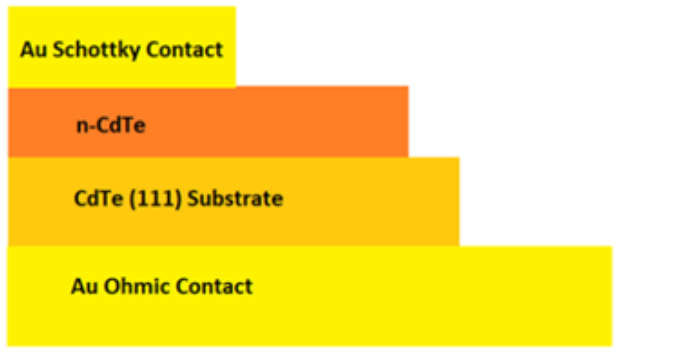


Fig. 1. Au/n-type CdTe Schotky diode

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. Results and Discussion

The Schottky contact can be described by well-known thermionic emission theory [17] and the *I-V* relationship of Schottky diode is given by

$$I = I_o \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)\left[1-\exp\left(-\frac{qV}{kT}\right)\right] \quad (1)$$

where I_o is the reverse saturation current obtained by extrapolating the linear intermediate voltage region of the curve to zero applied voltage and is given by

$$I_o = AA^*T^2\exp\left(-\frac{q\Phi_{B0}}{kT}\right) \quad (2)$$

where the quantities A, A^*, T, q, k and Φ_{BO} are the diode area, the effective Richardson constant of 12 A K^{-2} cm^{-2} for n-type CdTe [6], temperature in K, the electronic charge, Boltzmann constant and the zero bias barrier height, respectively. The ideality factor in Eq. (1) is the ideality factor and the slop of the *I-V* curve in Fig. 1 also gives the ideality factor of the contact, defined by [18]

$$n = \frac{q}{kT}\left(\frac{dV}{d(\ln I)}\right) \quad (3)$$

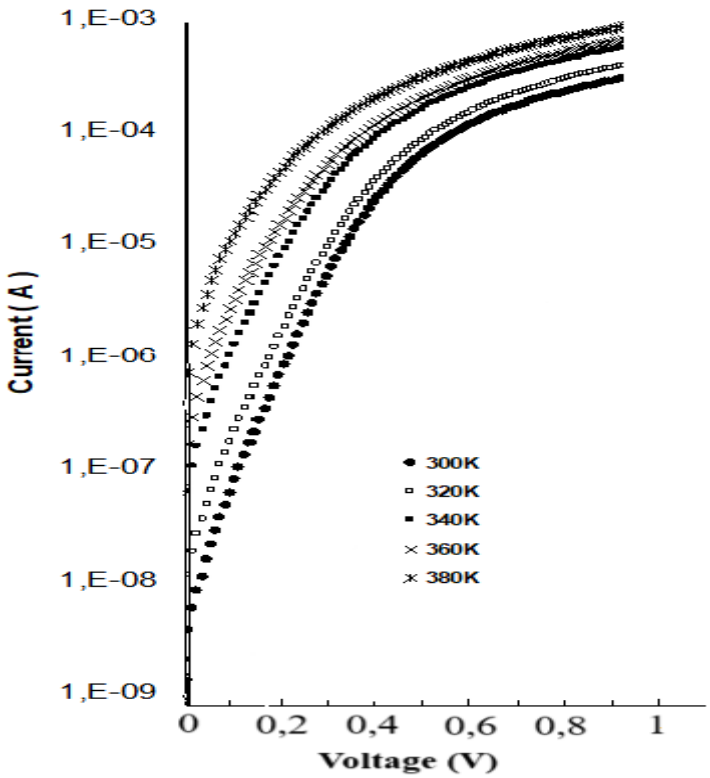


Fig. 2. The forward bias current-valtage (*I-V*) characteristics of the Au/CdTe Schottky diode at high temperatures.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Fig. 2 shows the semilog *I–V* characteristics of the Au/CdTe Schottky diodes at different temperatures. These *I-V* plots shift towards the higher bias side with decrease in temperature. The experimental values of Φ_{BO} and *n* were determined from intercept and slops of the forward-bias ln*I* versus *V* plot at each temperature, respectively. The experimental results show that the Φ_{BO} and *n* were found to be a strong function of temperature (Fig. 3).

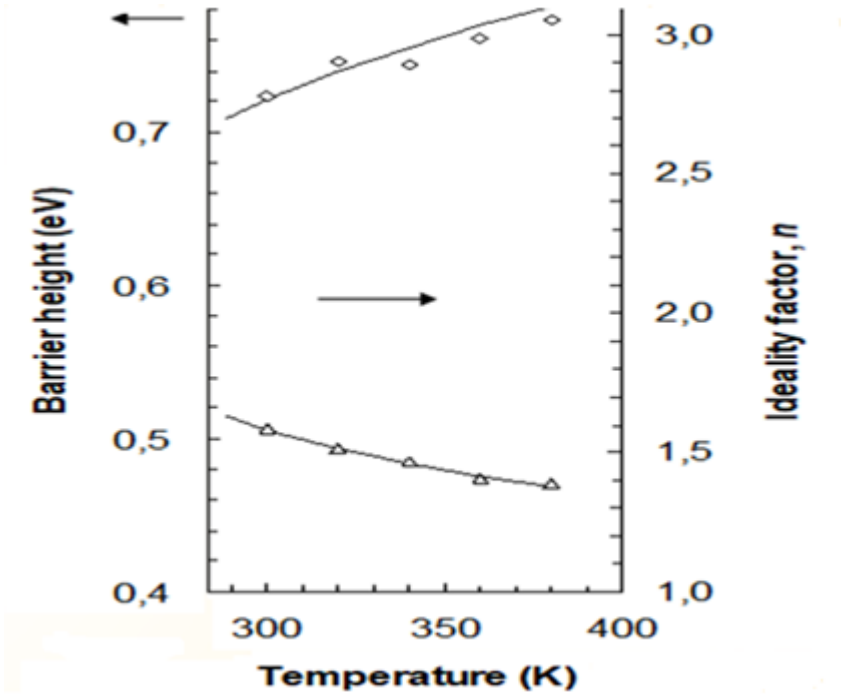


Fig. 3. The temperature dependent of barrier height (open diamond) and ideality factor (open triangle) for Au/CdTe Schottky barrier diode obtained from the forward bias I-V data.

The temperature dependence and the impact of series resistance on the electrical properties of the Au/CdTe Schottky diode were analyzed within the temperature range of 300–380 K. Series resistance plays a crucial role in determining the characteristics of Schottky diodes. It represents the combined resistance from all resistive elements in series, along with the intrinsic resistance within the semiconductor material along the current flow path. The voltage V_D across the Schottky diode can be described as the total voltage drop V across the series combination of the diode and the series resistance. Thus $V_D = V - IR_s$ and for $V_D > 3kT/q$ Eq. 1 becomes

$$I = I_o \exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{nkT}\right)\left[1 - \exp\left(-\frac{q(V - IR_s)}{kT}\right)\right] \quad (4)$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

As depicted in Fig. 2, the current–voltage (I–V) characteristics of the Au/CdTe Schottky diodes exhibit rectifying behavior in the intermediate bias region. However, at higher bias levels, the I–V curve deviates significantly from linearity due to the influence of series resistance. Consequently, the series resistance values were determined from the forward bias I–V data using the methods proposed by Cheung [19]. Based on Eq. 4, the following functions can be derived:

$$\frac{dV}{d\ln(I)} = IR_s + \left(\frac{nkT}{q}\right) \tag{5}$$

$$H(I) = V - \left(\frac{nkT}{q}\right)\ln\left(\frac{I}{AA^*T^2}\right) = IR_s + n\Phi_B \tag{6}$$

In Fig. 4 (a) and (b), experimental d*V*/d(ln*I*) versus *I* and *H*(*I*) versus *I* plots are presented at different temperatures for Au/CdTe Schottky diode, respectively. Eq. (5) should give straight line for the data of downward curvature region in the forward bias I–V characteristics. Thus, a plot of dV/d(ln I) versus I will give R_s as the slope and n(kT/q) as the y-axis intercept.

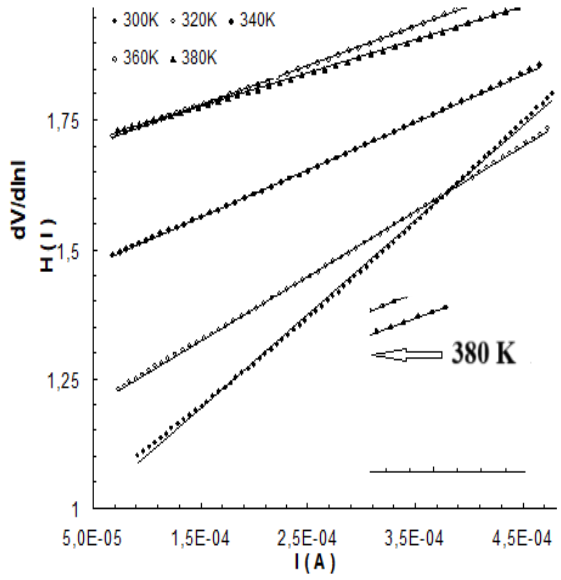


Fig. 4. The characteristics of the Au/CdTe (a) dV/d(lnI) vs I and (b) H(I) vs I.

Using the *n* value determined from Eq. (5), a plots of H(*I*) versus *I* will also give a straight line (as shown in Fig. 4(b)) with y-axis intercept equal to $n\Phi_B$. The slope of these plots also provides

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

a second determination of R_s, which can be used to check the consistency of this approach. Thus, for each temperature and by performing different plots (Eqs. 5 and 6) of the *I-V* data, a main diode parameter (R_s) is obtained and presented in Fig. 5. As shown Fig. 5, the obtained series resistance values by different techniques are in good agreement.

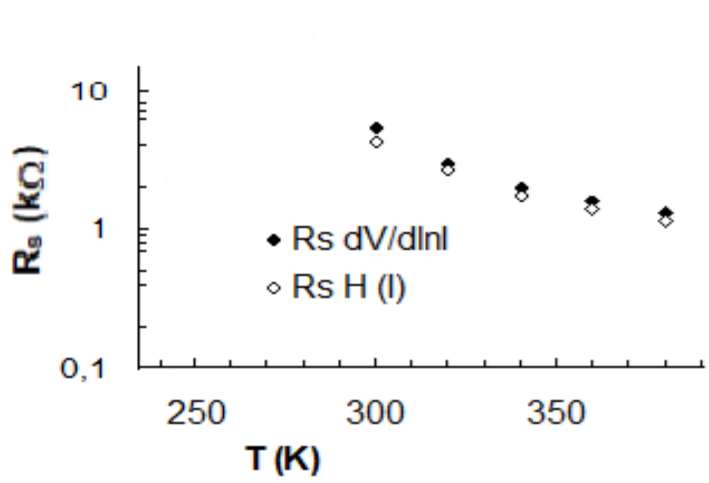


Fig. 5. The temperature dependence of the R_s for the studied Au/CdTe Schottky diode.

The analysis of physical parameters of Schottky barrier diodes is generally based on thermionic emission (TE) theory. However, in the I-V characteristic analyses based on TE theory, an unusual decrease in the barrier height and an abnormal increase in the ideality factor are observed as the temperature decreases [24,25]. This behavior deviates from the predictions of TE theory and is thought to be due to the inhomogeneous barrier structure in which the barrier heights are spatially distributed irregularly. We normally assume that the barrier in metal-semiconductor contacts is a flat barrier as an ideal. However, in reality, the barrier between the contacts is not a completely homogeneous barrier. Therefore, carriers that do not have sufficient thermal energy from low barriers conduct and TE deviations occur. In non-homogeneous Schottky diodes, the spatial distribution of the barrier height is basically described by Gaussian distribution functions [26].

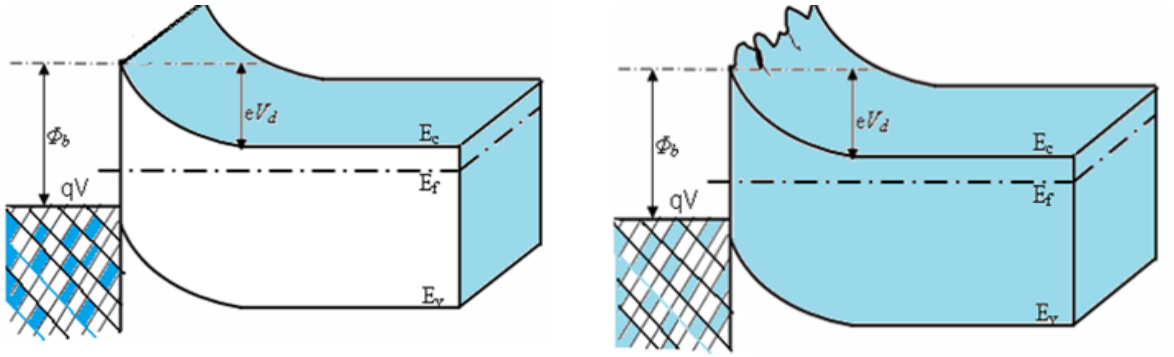


Fig. 6. Two-dimensional barrier height of a homogeneous and inhomogeneous contact

4. Conclusions

Current–voltage (*I–V*) characteristics of Au/CdTe Schottk barrier diodes have been investigated in the temperature range of 300-380K. The experimental forward bias I–V analysis based on the TE theory has revealed that the zero-bias barrier height Φ decreases and the ideality factor n increases as the temperature decreases, respectively. These behaviors are attributed to Schottky barrier inhomogeneities by assuming a Gaussian distribution of barrier heights (BHs) due to BH inhomogeneities that prevail at interface.

REFERENCES

[1] A. Gukasyan, A. Kvit, and Y. Klevkov, “High-resolution PL characterization of impurity segregation and their complex formation on extended defects in CdTe,” Solid State Com., vol. 97, no. 10, pp. 897–902, March 1996, doi:10.1016/0038-1098(95)00417-3.

[2] S. Lalitha, S. Zh. Karazhanov, P. Ravindran, and S. Senthilarasu, "Electronic structure, structural and optical properties of thermally evaporated CdTe thin films," Physica B, vol. 387, no.1–2, pp. 227–238, January 2007, doi:10.1016/j.physb.2006.04.008.

[3] A. Castaldini, A. Cavallini, B. Fraboni, L. Polenta, P. Fernandez, and J. Piqueras, “Compensation and deep levels in II–VI compounds,” Mater. Sci. Eng. B, vol. 42, no.1–3, pp. 302–305, December 1996, doi:10.1016/S0921-5107(96)01726-6.

[4] X. Yi, O. Lin, X. Zhao, and K. Wong,” The effect of surface preparation on properties of cadmium telluride thin film heterojunctions,” J. Phys. D Appl. Phys., vol. 23, no. 7, pp. 912, 1990, doi:10.1088/0022-3727/23/7/025.

[5] K. Guergouri, M. S. Ferah, R. Triboulet, and Y. Marfaing, “Study of the crystalline quality of CdTe, CdZnTe and CdMnTe substrates used for liquid phase epitaxy of Cd0.7Hg0.3Te,” J. Cryst. Growth, vol. 139, no. 1-2, pp. 6–14, May 1994, doi:10.1016/0022-0248(94)90022-1.

[6] A. Romeo, G. Khrypunov, S. Galassini, H. Zogg, and A. N. Tiwari, “Bifacial configurations for CdTe solar cells,” Solar Energy Mater. Solar Cells, vol. 91, no. 15–16, pp. 1388–1391, September 2007, doi:10.1016/j.solmat.2007.03.010.

[7] Ziaul Razakhan, M. Zulfequar and M. Shahid Khan, "Structural, optical, otoluminescence, dielectric and electrical studies of vacuum-evaporated CdTe thin

films," Bull. Mater. Sci., vol. 35, no. 2, pp. 169–174, April 2012, doi:10.1007/s12034-012-0274-x.

[8] H. Kanbur, Ş. Altindal, T. Mammadov, and Y. Şafak, "Effects of illumination on I-V, C-V and G/w-V characteristics of Au/n-CdTe Schottky barrier diodes," Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, vol. 13, no. 6, pp. 713–718, June 2011.

[9] M. S. Han, T. W. Kang, J. H. Leem, M. H. Lee, K. J. Kim, and T. W. Kim, "Strain effects in CdTe/Si heterostructures," J. Appl. Phys., vol. 82, no. pp. 6012, June 1998, doi:10.1063/1.366467.

[10] S. Surabhi, K. Anurag, and S. R. Kumar, "Effect of annealing on the structural, compositional and optical properties of CdTe films," vol. 45, no. 6, pp. 4477–4482, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.988.

[11] H. Tatsuoka, H. Kuwabara, Y. Nakanishi, and H. Fujiyasu, "CdTe(111) growth on misoriented Si(100) substrates by hot-wall epitaxy," J. Cryst. Growth, vol. 129, no. 3–4, pp. 686–690, April 1993, doi:10.1016/0022-0248(93)90504-P.

[12] H. Hernández-Contreras, G. Contreras-Puente, J. Aguilar-Hernández, A. Morales-Acevedo, J. Vidal-Larramendi, and O. Vigil-Galán, "CdS and CdTe large area thin films processed by radio-frequency planar-magnetron sputtering," Thin Solid Films, vol. 403, no. 404, pp.148–152, February 2002, doi: 10.1016/S0040-6090(01)01523-1.

[13] A. U. Ubale, R. J. Dhokne, P. S. Chikhlikar, V. S. Sangawar, and D. K. Kulkarni, "Characterization of nanocrystalline cadmium telluride thin films grown by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method," Bull Mater Sci., vol. 29, pp.165–168, April 2006, doi:10.1007/BF02704610.

H. Nishino and Y. Nishijima, "CdTe(111)B/Si(100) structure grown by metalorganic vapor phase epitaxy with Te adsorption and annealing," J. Cryst. Growth, vol. 167, no. 3–4, pp. 488–494, October 1996, doi:10.1016/0022-0248(96)00288-6.

S. Deivanayaki, P. Jayamurugan, R. Mariappan, and V. Ponnuswamy, "Optical and structural characterization of CdTe thin films by chemical bath deposition technique," Chalcogenide Lett., vol. 7, no.3, pp. 159–163, March 2010.

N. A. Khan, K. S. Rahman, K. A. Aris, A. M. Ali, Halina Misran, M. Akhtaruzzaman, S. K. Tiong and N. Amin, "Effect of laser annealing on thermally evaporated CdTe thin films for photovoltaic absorber application," Sol. Energy, vol. 173, pp. 1051–1057, October 2018, doi:10.1016/j.solener.2018.08.023.

S. Singh, R. Kumar, and K.N. Sood, "Structural and electrical studies of thermally evaporated nanostructured CdTe thin films," Thin Solid Films, vol. 519, no. 3, pp. 1078–1081, November 2010, doi:10.1016/j.tsf.2010.08.047.

J. M. Kestner, S. McElvain, S. Kelly, T. R. Ohno, L.M. Woods, and C. A. Wolden, "An experimental and modeling analysis of vapor transport deposition of cadmium telluride" Sol. Energy Mater. Sol. Cells, vol. 83, no.1, pp. 55–65, June 2004, doi: 10.1016/j.solmat.2004.02.013.

B. Barış, "Frequency dependent dielectric properties in Schottky diodes based on rubrene organic semiconductor," Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, vol. 54, pp. 171–176, December 2013, doi:10.1016/j.physe.2013.06.018.

D. K. Dhruv, S. D. Dhruv, N. Agrawal, and P. B. Patel, "Fabrication and transport properties of thermally evaporated cadmium selenide thin films for photovoltaic applications," Materials Today: Proceedings, vol. 55, no. 1, pp. 67–72, 2022, doi:10.1016/j.matpr.2021.12.173.

S. S. Shaikh, Mohd Shkir, and E. U. Masumdar, "Exploration of the spray deposited Cadmium Telluride thin films for optoelectronic devices," Physica B: Condensed Matter, vol. 580, pp. 411831, March 2020, doi:10.1016/j.physb.2019.411831.

S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1981.

E. H. Rhoderick and R. H. Williams, Metal–Semiconductor Contacts, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 1988.

Chand, S., Kumar, J., "Evidence for the double distribution of barrier heights in Pd2Si/n- Si Schottky diodes from I - V - T measurements", Semicond. Sci. Technol., 11: 1203 (1996).

Chand, S., Kumar, J., "Electron transport and barrier inhomogeneities in palladium silicide Schottky diyotes", Appl. Phys. A. , 65: 497 (1997).

Chand, S., "On the intersecting behaviour of current-voltage characteristics of inhomogeneous Schottky diodes at low temperatures", Semicond. Sci. Technol.,19: 82-86 (2003).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

COMPARISON OF PSO AND GA PERFORMANCES TO DETERMINE OPTIMUM PID CONTROL PARAMETERS

Assist. Prof. Dr. Hüseyin DOĞAN

Selçuk University / Faculty of Technology/ Department of Mechatronics Engineering

huseyindogan@selcuk.edu.tr - 0000-0002-9609-7825

ABSTRACT

PID (Proportional-Integral-Derivative) control is the most known and popular feedback based closed loop control method. It continually compares a measured process variable with its desired reference value and tries to minimize the difference between these two values (error) by changing the control input. Despite its simple structure, PID control has robust and stable performance in many industrial applications in a wide range of operating conditions. Of course, PID control has some disadvantages and different alternatives such as Fuzzy Logic Control and Sliding Mode Control have been proposed. However, the usage of these methods has been limited to academic studies. Today, PID control maintains its popularity and is still the most preferred control method in industry. To obtain desired results, PID coefficients should be well adjusted. To determine the best optimal parameters different methods are suggested in literature. Manually adjusting PID parameters is the most basic but most time-consuming method because it depends on the user's knowledge and requires a long trial-and-error process. Also rule-based methods such as Ziegler-Nichols and Cohen-Coon can be used but they cannot handle unstable and complex systems. As with many engineering optimization problems, using evolutionary optimization algorithms can also be an alternative way to tune PID parameters. In this paper, well-known major population-based evolutionary algorithms -Genetic Algorithm (GA)- and -Particle Swarm Optimization (PSO)- are used to determine best optimal values of PID parameters for a DC motor. Simulations are performed in MATLAB and performances of two algorithms are compared under different load conditions in terms of overshoot, steady-state error and settling time.

Keywords: GA, PSO, Optimization, Algorithm, PID, Control

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Despite the fact that DC motors have a brushed type of structure and because of this they need more frequent maintenance (more cost) when compared to induction motors, they are still preferred in some applications. Their easy and stable speed control characteristics make them attractive for the engineers working in the robotics and automation systems area, where precise motion control is a critic issue [1].

To take advantage of these features a robust controller is needed for DC motors. Controller should provide an excellent steady state and transient response even under changing load conditions. For this purpose, several control techniques are suggested in literature. Among them PID (Proportional-Integral-Derivative) control is the most known and popular feedback based closed loop control method [2]. It continually compares a measured process variable with its desired reference value and tries to minimize the difference between these two values (error) by changing the control input [3]. Despite its simple structure, PID control has robust and stable performance in many industrial applications in a wide range of operating conditions [4].

To obtain desired results, PID coefficients should be well adjusted. To determine the best optimal parameters different methods are proposed [5], [6]. Manually adjusting PID parameters is the most basic but most time-consuming method because it depends on the user's knowledge and requires a long trial-and-error process. Also rule-based methods such as Ziegler-Nichols and Cohen-Coon can be used but they cannot handle unstable and complex systems. As with many engineering optimization problems, using evolutionary optimization algorithms can also be an alternative way to tune PID parameters.

In this paper, well-known major population-based evolutionary algorithms - Genetic Algorithm (GA) - and - Particle Swarm Optimization (PSO) - are used to determine best optimal values of PID parameters for a DC motor. Simulations are performed in MATLAB and performances of two algorithms are compared under different load conditions in terms of overshoot, steady-state error and settling time.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Model of DC Motor Control System

Basic image of the DC motor used in this paper is shown in Figure 1 [7], explanation of the motor parameters is given in Table 1 and mathematical model of the electrical and mechanical relationships of the motor in Laplace domain are given in the following equations,

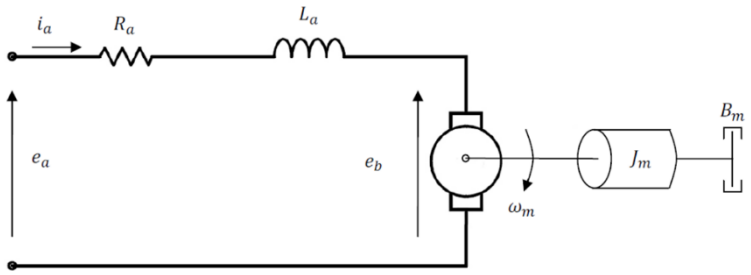


Figure 1. Basic image of the DC motor

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Table 1. Explanation of the DC motor parameters

ω_m	Motor angular speed
e_a	Motor input voltage
e_b	Motor back emf
I_a	Motor input current
T_m	Motor torque
J_m	Moment of inertia
R_a	Armature resistance
L_a	Armature inductance
B_m	Viscous friction constant
K_e	Motor emf constant
K_t	Motor torque constant

$$e_a(s) = R_a I_a(s) + sL_a I_a(s) + e_b(s) \quad (1)$$

$$e_b(s) = K_e \omega_m(s) \quad (2)$$

$$T_m(s) = sJ_m \omega_m(s) + B_m \omega_m(s) \quad (3)$$

$$T_m(s) = K_t I_a(s) \quad (4)$$

If we rearrange the equations to obtain angular speed and armature current as given below,

$$I_a(s) = \frac{e_a(s) - e_b(s)}{sL_a + R_a} \quad (5)$$

$$\omega_m(s) = \frac{T_m(s)}{sJ_m + B_m} \quad (6)$$

By using above equations DC motor block diagram can be obtained as in Figure 2,

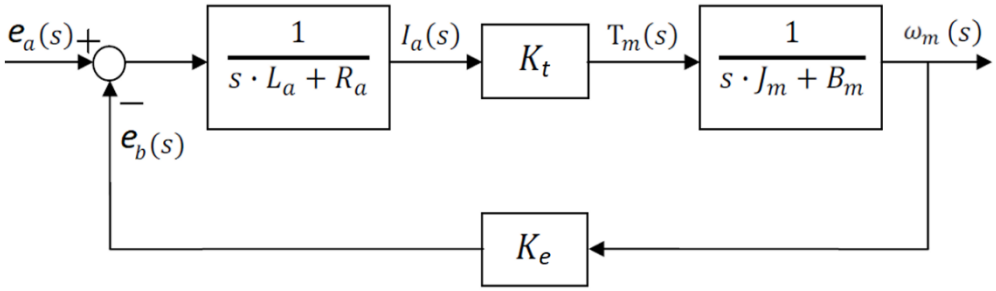


Figure 2. DC motor block diagram

After rearranging the equations again and making some assumptions transfer function of the DC motor and PID controller can be obtained as in following equations respectively,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$G_m(s) = \frac{\omega_m(s)}{e_a(s)} = \frac{K_m}{sJ_mR_a + B_mR_a + {K_m}^2} \quad (K_m = K_t = K_e, R_a \gg L_a) \tag{7}$$

$$G_c(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \tag{8}$$

DC motor closed loop PID control system is created by the given MATLAB codes in Figure 3 and block diagram of complete system is given in Figure 4.

```
s = tf('s');
Gm = Km/(s*Jm*Ra+Bm*Ra+Km^2);
Gc = pid(Kp,Ki,Kd);
syst = feedback(Gm*Gc,1);
```

Figure 3. MATLAB codes to obtain closed loop PID control system

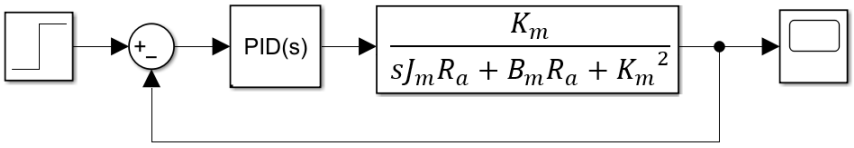


Figure 4. DC motor closed loop PID control system

2.2. Optimization of PID Control Parameters

In this paper, evolutionary algorithms GA and PSO are used to determine best optimal values of PID parameters for a DC motor control system. In order to minimize the optimization time and get better results, search range of each parameter is limited according to past experience as shown in Table 2,

Table 2. PID parameters that will be optimized and their limit values

KP	KI	KD
0,0 -5,0	0,0 – 50,0	0,0 – 1,0

GA and PSO are both population-based algorithms, but different coding principles are adopted for each as shown in Figure 5. Each group of variables (3 pieces) that are possible optimal values of fuzzy parameters is called **INDIVIDUAL (CHROMOSOME)** in GA and **PARTICLE (POSITION)** in PSO. A certain number of individuals/particles form **POPULATION** in GA and **SWARM** in PSO. And finally, every parameter of the chromosome/position is called **GENE** in GA and **COORDINATE** in PSO.

Both algorithms are carried out by MATLAB commands in an M-File. ITAE (**I**ntegral of **T**ime-weighted **A**bsolute **E**rror) is used to evaluate individuals/particles whether they are close to the optimal solution or not. For this purpose, at the beginning of the algorithms (initialization stage) or during iterations, generated/updated individuals/particles are loaded to the model of DC motor with PID control and ITAE is calculated as shown in Figure 6. Calculated value is considered as fitness score. If this value is high, fitness score of corresponding individual/particle is low which means this individual/particle is far away to be an optimal

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

solution. On contrary, if it is low, fitness score of corresponding individual/particle is high which means this individual/particle is close to be an optimal solution.

GA	PSO
$X_i = X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}$	$X_i = X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}$
Each group of variables that are possible optimal values of PID parameters is called **INDIVIDUAL (CHROMOSOME)**	Each group of variables that are possible optimal values of PID parameters is called **PARTICLE (POSITION VECTOR)**
$X_1, X_2 \ldots\ldots\ldots X_p$	$X_1, X_2 \ldots\ldots\ldots X_p$
A certain number of individuals form **POPULATION**	A certain number of particles form **SWARM**
$X_{i,j}$	$X_{i,j}$
Every member of chromosome is called **GENE**	Every member of position vector is called **COORDINATE**
$X_{i,j}$ = ***j*-th** variable of ***i*-th** particle/individual	

Figure 5. Different coding principles in GA and PSO

```
t=0:0.01:10;
y=step(syst,t);
ITAE=0;
for j=1:1001
    ITAE=ITAE+0.01*abs(Ref-y(j));
end
```

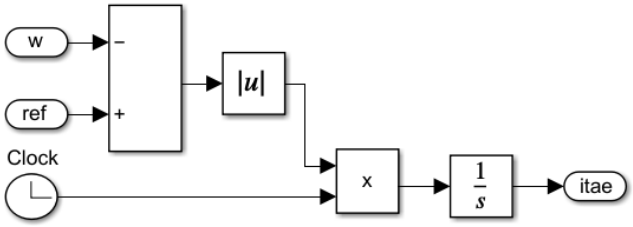


Figure 6. ITAE calculation in M-File and in Simulink

Initialization process is same for both algorithms. They begin with production of random initial population/swarm that consists of "p" number of individuals/particles and calculation of first fitness scores (ITAE) as described above. Each individual/particle consists of 3 variables that are candidate of optimum values of corresponding PID parameters as given in Figure 7.

Initial random population/swarm		**Initial Fitness Sc.**
$X_1 = X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}$	**Run DC Motor model in MATLAB to obtain first fitness scores**	F_1
$X_2 = X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}$		F_2
:	**Fitness Score = ITAE**	:
:		:
:		:
:		:
$X_p = X_{p,1}, X_{p,2}, X_{p,3}$		F_p
$\boldsymbol{p}$ = Number of individuals/particles		

Figure 7. Initialization process of algorithms

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2.1. Execution of the Genetic Algorithm

After generation of random initial population and calculation of first fitness scores, genetic algorithm iterations begin. The first step of iteration is the selection stage as given in Figure 8. 2 individuals are selected randomly from the current population for the tournament. An individual which has a higher fitness score (lower ITAE) wins the tournament and is selected to be transferred to the next population. This procedure continues until population consisting of "p" number of individuals is produced. ***r1*** and ***r2*** are produced during iteration and used to select individuals randomly.

Current population Individuals	Fitness Sc.		**Pop. After Selection**
X_1	F_1	**First tournament between X_{r1} and X_{r2}** $r_1 = Rand; r_2 = Rand$ $[(X_{r1}, F_{r1}), (X_{r2}, F_{r2})]$ **Winner of first tournament** $\boldsymbol{X_{r1}}$ $(F_{r1} > F_{r2})$ $1 \le r1, r2 \le p$	X_{r1}
X_2	F_2		⋮
⋮	⋮		⋮
⋮	⋮		⋮
⋮	⋮		⋮
⋮	⋮		⋮
X_p	F_p		⋮
$r1, r2$ = Random integers (0-1)			

Figure 8. GA selection stage (First step of iteration)

For Crossover stage given in Figure 9, 2 sequential individuals are selected from current population, starting from first order (***X₁*** and ***X₂***) to last (***X_{p-1}*** and ***X_p***). ***C_R*** is the crossover probability rate (0-1) and determined at the beginning of algorithm, ***C_X*** is a random number (0-1) produced during iteration and stands for chance of crossover operation, ***C_C*** is a random number (0-1) produced during iteration and used in crossover operation.

Pop. After Selection		**Pop. After Crossover**
X_1	**First crossover between X_1 and X_2** $C_X = Rand; C_C = Rand$ $IF\ C_X < C_R$ $X_{1,j} = C_C.X_{1,j} + (1 - C_C).X_{2,j}$ $X_{2,j} = C_C.X_{2,j} + (1 - C_C).X_{1,j}$ $ELSE$ $X_{1,j} = X_{1,j}$ $X_{2,j} = X_{2,j}$ $1 \le j \le 3$	X_1
X_2		X_2
⋮		⋮
⋮		⋮
⋮		⋮
⋮		⋮
X_p		X_p
C_R =Crossover probability rate (0-1), C_X, C_C = Random numbers (0-1)		

Figure 9. GA crossover stage

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

For Mutation stage given in Figure 10, a random population with the same dimension as current population is generated. Every parameter (gene) of current individuals is changed or not, according to $\boldsymbol{M_R}$ and $\boldsymbol{M_X}$, by the parameter of corresponding new individual. This operation is repeated for all individuals in the current population, starting from first ($\boldsymbol{X_1}$) to last ($\boldsymbol{X_p}$). $\boldsymbol{M_R}$ is the mutation probability rate (0-1) and determined at the beginning of algorithm, $\boldsymbol{M_X}$ is a random number (0-1) produced during iteration and stands for chance of mutation operation.

Pop. After Crossover	**Pop. of Mutation**	**Mutation of first individual**	**Pop. After Mutation**
X_1	X_1^*	$(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_1^*})$	X_1
X_2	X_2^*	$M_X = Rand$	X_2
:	:	$IF\ M_X < M_R$	:
:	:	$X_{1,j} = X_{1,j}^*$	:
:	:	$ELSE$	:
:	:	$X_{1,j} = X_{1,j}$	:
X_p	X_p^*	$1 \le j \le 3$	X_p
M_R =Mutation probability rate (0-1), M_X = Random number (0-1)			

Figure 10. GA mutation stage

After mutation operation, individuals of last population are loaded into the DC motor control system model and system is executed again to obtain new fitness scores as shown in Figure 11. This is also last stage of genetic algorithm in each iteration. Individual which has the highest fitness score at the current iteration cycle is stored to be evaluated at the end of whole optimization process.

Pop. After Mutation		**New Fitness Sc.**	**End of *k*-th iteration**
X_1	Running DC Motor model in MATLAB with PID Controller to obtain new ITAE (new fitness score)	F_1	$Fbest = Min(F_{1\ldots p})$ **Winner of *k*-th iteration** $Xbest = X(Fbest)$ individual which has highest fitness score (lowest ITAE)
X_2		F_2	
:		:	
:		:	
:		:	
:		:	
X_p		F_p	
At the end of each iteration best optimal solution is determined according to fitness scores			

Figure 11. GA end of each iteration

Selection, crossover, mutation and new fitness scores obtaining stages are repeated until iteration number reaches a predetermined value. At the end of whole optimization process, the variables of the individual which has the highest fitness score are the optimal values of PID parameters determined by GA as shown in Figure 12.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

End of Iterations	
Best Indiv.	Best Fi. Sc.
$Xbest_1$	$Fbest_1$
$Xbest_2$	$Fbest_2$
:	:
:	:
:	:
:	:
$Xbest_t$	$Fbest_t$

⟹

After Whole Optimization Process

$Gbest = Min(Fbest_{1\ldots t})$

Winner

$XGbest = X(Gbest)$

$XGbest(1)$: Optimum K_P value

$XGbest(2)$: Optimum K_I value

$XGbest(3)$: Optimum K_D value

t = Iteration number

Figure 12. GA end of whole optimization process

2.2.2. Execution of the Particle Swarm Optimization

After generation of initial swarm and calculation of fitness scores, PSO algorithm needs some additional initialization processes before iterations begin as shown in Figure 13. They are initial assignments of ***Velocity***, ***Pbest*** and **Gbest**. ***Pbest*** is the position of the particle which achieves personal highest fitness score, ***Gbest*** is the best of the ***Pbest***s and ***Velocity*** refers to the amount of change in parameters of particles while trying to come close to the ***Gbest***.

Initial random swarm		**Initial assignments**		
Particles	Fitness Sc.	Pbest assignment	Velocity assignment	Gbest assignment
X_1	F_1	$Pbest_1 = X_1$	$V_1 = 0$	$Gbest = Min(Pbest)$ Particle which has highest fitness score (lowest ITAE)
X_2	F_2	$Pbest_2 = X_2$	$V_2 = 0$	
:	:	:	:	
:	:	:	:	
:	:	:	:	
:	:	:	:	
X_p	F_p	$Pbest_p = X_p$	$V_p = 0$	

$\boldsymbol{p}$ = Number of particles in the swarm

Figure 13. PSO initial assignments of Pbest, Velocity and Gbest

First stage of PSO iterations is updating velocities and positions of particles. Velocity of each particle is updated according to its previous velocity, current position (***Xi***), personal best position (***Pbesti***) and position of best particle (***Gbest***) as shown in Figure 14.

Second stage of PSO iterations is updating positions of particles. Updated velocity is added to current position to obtain new position as shown in Figure 15. Aim is to bring the corresponding particle closer to the best one while preserving its personal experience.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

After position update of each particle, DC Motor model in MATLAB is run again with these new parameters to obtain new fitness scores. These fitness scores are used to update ***Pbest*** and ***Gbest*** as shown in Figure 16. This is the last stage of PSO algorithm in each iteration.

Current Velocities	**Updating velocities**	**Updated Velocities**
V_1 V_2 : : : : V_p	$V_{i,j} = w_k . V_{i,j} + C_1 . R_1 . (Pbest_{i,j} - X_{i,j}) + C_2 . R_2 . (Gbest_j - X_{i,j})$ $1 \le i \le p \, , 1 \le j \le 3$ $w_k = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{mim}}{k_{max}} \times k$ $w_{max} = 0{,}9 \; w_{min} = 0{,}4$ $k = Iteration\ number \; (1 \le k \le k_{max})$	V_1 V_2 : : : : V_p
C_1, C_2 = Acceleration factors ($C_1, C_2 = 2$), R_1, R_2 = Random numbers (0-1), w_k = Inertia weight		

Figure 14. PSO updating velocities of particles (First stage of iteration)

Cur. Pos. of Partic.	**Updating positions of particles**	**Updated Positions**
X_1 X_2 : : : : X_p	$X_{i,j} = X_{i,j} + V_{i,j}$ $1 \le i \le p$ $1 \le j \le 3$	X_1 X_2 : : : : X_p
$X_{i,j}$ = ***j*-th** variable of ***i*-th** particle, $V_{i,j}$ = Velocity of ***j*-th** variable of ***i*-th** particle		

Figure 15. PSO updating positions of particles

Updated Particles	**Run DC Motor model in MATLAB to obtain new fitness score**	**New Fitness Sc.**	**Updating Pbest and Gbest**	**Updated Pbest**	**Updated Gbest**
X_1 X_2 : : : : X_p		F_1 F_2 : : : : F_p	$IF \; F_i < F(Pbest_i)$ $Pbest_i = X_i$ $F(Pbest_i) = F_i$ $ELSE$ $Pbest_i = Pbest_i$ $F(Pbest_i) = F(Pbest_i)$ $1 \le i \le p$	$Pbest_1$ $Pbest_2$: : : : $Pbest_p$	$Gbest = Min(Pbest)$
$F(Pbest_i)$ = Fitness score of ***i*-th** particle's personal best					

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 16. PSO updating *Pbest* and *Gbest* according to new fitness scores (Last stage of iteration)

Algorithm branches to the velocity and position update stage with these new ***Pbest*** and ***Gbest*** values and iteration continues in the same way until iteration number reaches a predetermined value. At the end of whole optimization process, there is no need to make an evaluation to select best value in iterations because ***Gbest*** is automatically updated at the end of each iteration. Variables of the ***Gbest*** are the optimal values of PID parameters determined by PSO

3. RESULTS

Parameters used in MATLAB DC motor model are given in Table 3. Table 4 shows the best optimal values of PID parameters obtained at the end of each optimization algorithm. Figure 17 and Table 5 shows the step response of DC motor control system model when it is run with these optimized parameters. From the figure and table, it can be seen that, both algorithms exhibit similar performance at the start up. GA has slightly lower rise time but its overshoot value is almost seven times that of PSO. Also, PSO settles to the reference value more quickly with minimum oscillations. Figure 18 shows the multi-step response of the system. Reference value starts with 2, at the time 1 s it is increased to 3 and at the time 2 s it is decreased to 1. Same results are obtained from this response too.

Table 3. Parameters used in MATLAB DC motor model

Parameters	**Symbols**	**Values**
Moment of Inertia	J_m	$0.056\ kg.m^2$
Armature Resistance	R_a	$0{,}5\ \Omega$
Viscous Friction Constant	B_m	$0.02\ kg.m^2/s$
Motor torque/emf constant	K_m	$1.8\ N.m/A, V.s/rad$

Table 4. Best optimal values of PID parameters obtained at the end of each optimization algorithm

	Kp	Ki	Kd
GA - Optimized	3.8978	49.6691	0.1669
PSO - Optimized	4.7865	38.6578	0.2421

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

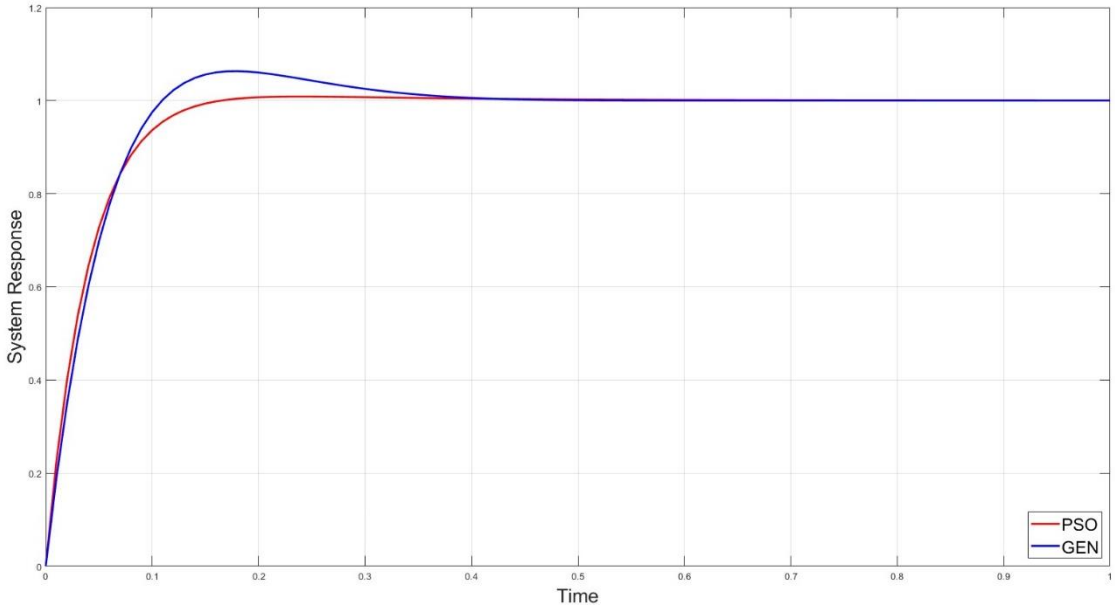


Figure 17. Step response of the DC motor control system model

Table 5. Step response characteristics of each algorithm

	Rise Time	Settling Time	Overshoot
GA - Optimized	**0.0754**	0.3183	6.3201
PSO - Optimized	0.0812	**0.1306**	**0.8665**

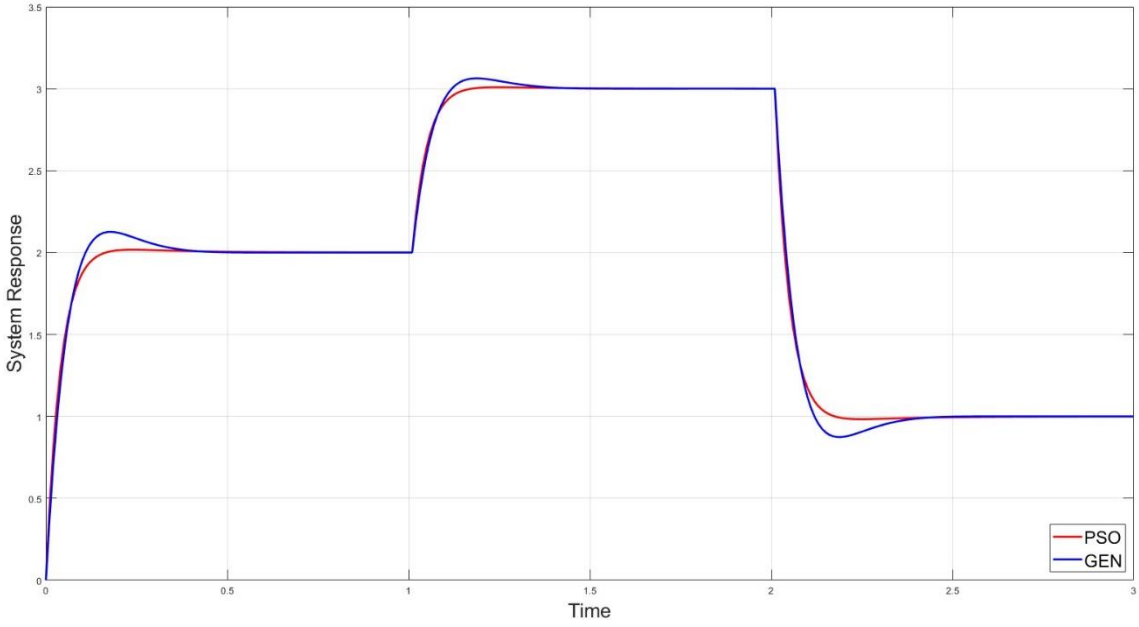


Figure 18. Multi-step response of the DC motor control system model

4. CONCLUSION

In this paper, optimal values of PID control system parameters adapted to a DC motor are determined by two evolutionary algorithms: Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Optimization (PSO). Algorithms are carried out by MATLAB commands in an M-File. ITAE is used as fitness score to evaluate individuals/particles whether they are close to the optimal solution or not. Simulation results show that PSO is superior to GA at this mission. When the PID control system model is run with the parameters that are obtained by PSO, it has better transient and steady state characteristics.

REFERENCES

1. Tavakoli, S. and Tavakoli, M., *Optimal Tuning of PID Controllers for First Order Plus Time Delay Models Using Dimensional Analysis*, 4th International Conference on Control and Automation Proceedings, 942-946, Montreal, QC, Canada, 2003.

2. Wu, H., Su, W. and Liu, Z., *Pid Controllers: Design and Tuning Methods*, 9th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 808-813, Hangzhou, China, 2014.

3. Yulin, D., *The Analysis and Implement of PLC-Based PI Control for the Permanent Magnet DC Motor*, 2nd International Conference on Communication Systems, Networks and Applications, 448-451, Hong Kong, China, 2010.

4. Achanta, R. K., and Pamula, V. K., *DC Motor Speed Control Using PID Controller Tuned by Jaya Optimization Algorithm*, IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering, 983-987, Chennai, India, 2017.

5. Korkmaz, M., Aydoğdu, Ö. and Doğan, H., *Design and Performance Comparison of Variable Parameter Nonlinear PID Controller and Genetic Algorithm Based PID Controller*, International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, 1–5, Trabzon, Türkiye, 2012.

6. Pereira, D. S. and Pinto, J. O. P., *Genetic Algorithm Based System Identification and PID Tuning for Optimum Adaptive Control*, International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Monterey, CA, USA, 2005.

7. Ortatepe, Z., *Genetic Algorithm based PID Tuning Software Design and Implementation for a DC Motor Control System*, Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 286-300, September, 10, 3, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

NANOPARTİKÜL AKIŞKANLI PARABOLİK GÜNEŞ YOĞUNLAŞTIRICI SİSTEM TASARIMI VE ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi, MEHMET ONUR KARAAĞAÇ
Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
okaraagac@sinop.edu.tr-0000-0003-1783-9702

ÖZET

Her geçen gün enerji ihtiyacımız artmakta ve bu artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için hali hazırda sahip olduğumuz enerji kaynaklarını etkili bir şekilde kullanmamız gerekliliği önem kazanmaktadır. Enerji üretiminde çeşitliliği arttırırken hem maliyet hem de çevreye duyarlılık ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda, temiz ve bedava enerji kaynağı olarak bilinen güneş enerji sistemleri ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada yansıtıcı bir malzeme kullanılarak parabolik dizayn sayesinde güneş ışınlarını yoğunlaştırıcı bir sistem tasarlanmıştır. Bu sayede parabolik sistem ile yüksek sıcaklıkta su elde etmek amaçlanmaktadır. Tasarlanan prototip kapalı sistem sirkülasyon ile çalışması planlanmıştır. Kapalı sistem içerisinde dolaşan Nano akışkan ile 20 litrelik yalıtımlı depodaki su ısıtılacaktır. Ayrıca sistemde gerekli olacak elektriksel gücü su deposu üzerine yerleştirilmiş fotovoltaik panel sayesinde karşılanacaktır. Fotovoltaik paneller sayesinde üretilen ihtiyaç fazlası olan elektrik enerjisi akülerde depolanacak ve gece su deposu içine yerleştirilen mini rezistansların çalıştırtılarak yalıtımlı depo içerisindeki sıcaklığın korunması sağlanacaktır. Kuracağımız sistem ile yüksek sıcaklıkta su konutlarda kullanım için üretilebilirken, üretilen yüksek sıcaklıkta su, süt ve süt ürünlerinin pastörizasyon işlemlerinde (72-80°C) ve tarımsal ürünlerin kurutma işlemlerinde de kullanılabilmesi beklenmektedir. Ayrıca tarım ürünlerinin kurutma işlemleri daha kolay ve az masrafla gerçekleşecektir. İki farklı akışkan kullanarak sistemin verimleri karşılaştırılacaktır. Tasarladığımız bu sistem ile tank içerisindeki suyu 90 ˚C'ye yaklaşık 2 saatte çıkartmayı hedeflemekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Parabolik oluklu güneş kolektörü. Güneş enerjisi, Nanopartikül katkılı akışkan

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

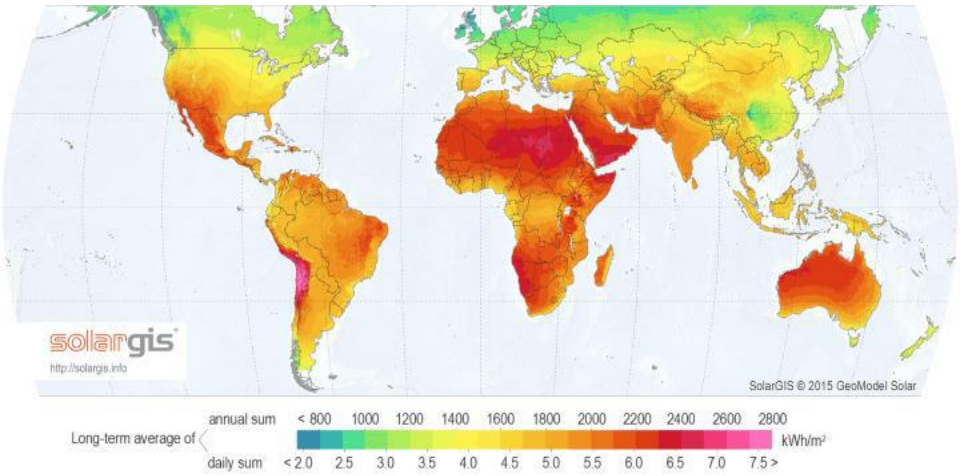
1. GİRİŞ

Değişen teknoloji, yenilikler ve ülkeler arasındaki rekabetten dolayı enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bu enerji ihtiyaçları karşılanmadığı durumda sürdürülebilir teknoloji, ekonomik bağımsızlık ve hedeflenen ülke refahına ulaşmak imkânsız bir hal almıştır. Ülkemizde etkin bir şekilde enerji politikalarını bu yönde düzenlemekte ve enerji çeşitliliğini arttırmak için yatırımlarda bulunmaktadır. Enerji çeşitliliğini arttırırken dikkat edilmesi gereken hususlar arasında bulunan çevre ve maliyet konusu göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bir adım öne çıkmaktadır [1,2]. Dünyamızı aydınlatan ve enerji sağlayan güneş, güneş sisteminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Güneşin toplam enerji çıktısı $3{,}8\times10^{20}$ MW ve bu enerji her yöne doğru yayılır. Yayılan toplam radyasyonun yalnızca küçük bir kısmı olan $1{,}7\times10^{14}$ kW dünyaya gelir [3]. Bu miktarlarda gelen güneş ışınları dünya üzerinde hayatın var olmasında büyük bir rol oynamaktadır [4]. Çok eski zamanlarda insanlar ateş yakmak, yemek pişirmek, kurutma gibi işler için güneşten yararlanmıştır. Milattan önce, içbükey aynalar ile güneşi yansıtarak insanlar kendilerini koruma amaçlı kullanmışlardır. 1725 yılında ise güneş ile çalışan su pompası yapılmıştır [5]. Gün geçtikçe de günlük yaşamda daha çok yerini almaya başlamıştır. Türkiye de ise 1970'lerin ortalarında güneş ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. Konumundan dolayı, ülkemiz güneşlenme süresi olarak birçok ülkeye nazaran daha avantajlı bir ülkedir [6]. Çizelge 1'de ülkemizin bölgelere göre yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli verilirken Görsel 1'de ise dünyanın güneş enerjisi potansiyelini gösteren bir harita verilmiştir. Hem Çizelge hem de verilen Görsel güneş enerjisinden maksimum yararlanabilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmesi gerekliliğine güzel bir motivasyondur.

Çizelge 1: Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı [7]

Bölge	**Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m^2-Yıl)**	**Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)**
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1: Dünya Güneş Enerjisi Haritası [8]

Güneş enerjisi teknolojileri teknolojik düzey, malzeme ve yöntem açısından farklı kullanımları olmasının yanı sıra iki başlık altında sınıflandırılabilir: İlk olarak güneş enerjisinden ısı elde edilerek bu elde edilen ısının doğrudan kullanılması ya da elektrik üretiminde de kullanılabilir. İkinci olarak fotovoltaik piller, bu yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirmesi ile kullanılabilir. Bu projede yoğunlaştırıcı bir malzeme ile parabolik bir sistem oluşturulacaktır. Yoğunlaştırıcı parabolik sistem sayesinde sıcak su elde etmeyi amaçlanmaktadır. Sistem tasarımı bir sonraki bölümlerde verilmiştir. Kısaca, parabolik sistemde güneş ışınları içerisinden nano akışkan geçen boruya odaklanacak ve akışkanın depoladığı ısı pompa ile sirkülasyonu sayesinde ısı yalıtımlı su deposuna kapalı devre sistemi ile aktarılacaktır. Pompada ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi sistemin yanına kurulan PV paneller tarafından sağlanacaktır. Arta kalan enerji akülerde depolanacak ve geceleri yalıtımlı su deposundaki suyun ısısını sabit tutmak için kullanılacak olan rezistansların enerjisi için kullanılacaktır. Bu sayede yenilenebilir enerjiye olan talebin artması ile büyük bir odak kaynağı olan güneş enerji sistemlerinin verimli bir şekilde kullanımı için bir prototip tasarımı hayata geçirilmiş olunacaktır. Kuracağımız parabolik sistem ile büyük fabrikalarda yaşanan pastörizasyon sorunlarına ve tarım ürünlerinde kurutma amaçlı kullanılan sistemlerin yeterli olmayışına çözüm sağlanacaktır. Üretilen sıcak su pastörizasyon işlemlerinde ve su buharı da tarımsal ürünlerin kurutma işlemlerinde kullanılabilmesi beklenmektedir. Ülkemizde üretilen süt ve süt ürünlerinin pastörizasyon işlemleri yaklaşık 72-80°C sıcaklıklarda gerçekleşmektedir [9]. Meyve, meyve suyu ve domates suyu vb. konserve işlemleri ise 85-100 °C sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Ayrıca üretim yerlerinde yapılan sterilizasyon işlemleri için de yüksek sıcaklıklar gerekmektedir. Bu kapsam projede üretilecek prototipin geliştirilmesi ile çeşitli alanlarda sistemimizin kullanılabilmesi beklenmektedir.

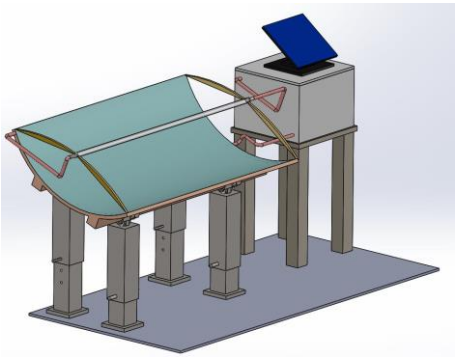
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

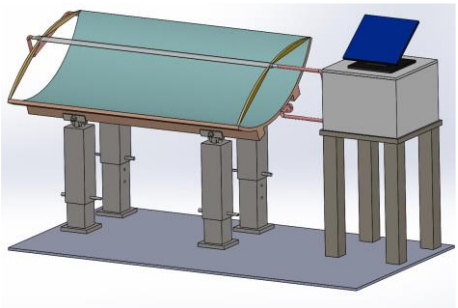
2. MATERYAL VE YÖNTEM

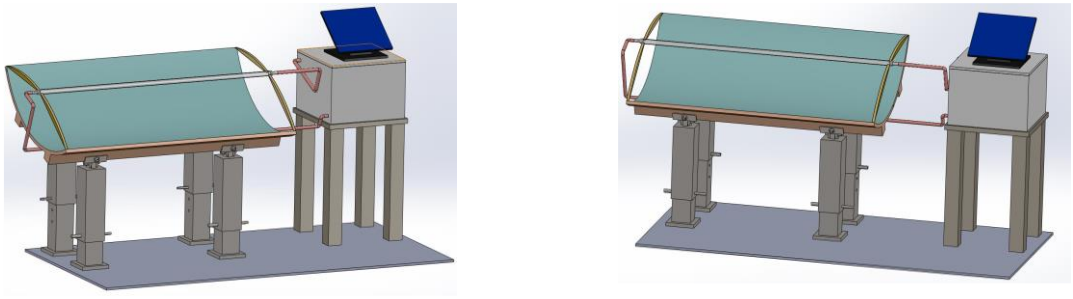
Projemiz güneş yoğunlaştırıcı parabolik sistemdir. Güneş ışığını yansıtan reflektör bir yüzey bulunmaktadır. Parabolik sistemin ortasında, reflektör yüzeyin güneşi yansıttığı aynı zamanda akışkanın geçirildiği cam boru ve bakır boru mevcuttur. Ayrıca sistemin yanında içerisinde rezistans bulunan su dolu yalıtılmış tank vardır. Nano akışkan tank içerisindeki serpantinden geçirilecektir. Pompa mikro kontrolör sistemi ile sıcaklık farkına bağlı çalışmaktadır. Pompa elektrik gücü ise güneş panelinden karşılanacaktır. Gündüz panellerden elde edilen fazla elektrik aküler vasıtasıyla depolanacak ve geceleri suyun belli bir sıcaklıkta kalmasını sağlayacak. Pompa ilk çalıştığı anda sisteme gönderilen akışkan belli sıcaklıkta gidecektir. Parabolik sistemin ortasında yer alan bakır borudan geçirilerek daha yüksek sıcaklıklara çıkmayı hedeflenmektedir. Proje kapsamında, parabolik yüzeye sahip bir yapının içbükey kısmının güneş ışınlarını yansıtarak, odak noktasında bulunan cam boru içerisindeki sıvıyı ısıtmasıyla elde edilecek sıcak suyun kullanılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda yapılan tasarımda bulunacak olan sistemler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- İçbükey yansıtıcı yüzey
- Yansıtıcı yüzeyin acısını düzenlemede kullanılacak ayarlanabilir ayaklar
- Odak noktasına yerleştirilecek cam boru
- Isınan suyu biriktirileceği depo
- Sıvının devridaim etmesi için pompa
- Depo içerisine yerleştirilecek rezistans
- Pompaya güç verecek olan güneş paneli

Kurulması hedeflenen sistemi gösteren şema Solidworks 2014 programı ile tasarlanmış ve Görsel 2'de gösterilmiştir. Sistemin öncelikle sade bir parabolik yansıtıcı ile odak noktasındaki sıvıyı ısıtması planlanmaktadır. Kurulacak sistemlerin verimlilikleri gözlenecektir.







Görsel 2. Parabolik güneş yoğunlaştırıcı sistem

3. TERMODİNAMİK ANALİZ

Kurutma işletmelerinde kullanılan 90 ˚C su ihtiyacını karşılamak amacıyla yoğunlaştırıcı parabolik sistemin boyutlandırma hesaplamaları yapılmıştır. Kullanılan akışkanın kaç derece arttırılmak istendiği dikkate alınarak gerekli olan yoğunlaştırıcı yüzey alanı bulunmuştur. Isıtılacak olan akışkanın kütlesi 20 kg olduğu ve akışkanın sıcaklığının 20 ˚C'den 90 ˚C'ye çıkarılması için gereken sürenin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Yoğunlaştırıcı güneş sisteminin yüzey alanının hesaplanması aşamasında ilk olarak saf su dikkate ele alınmıştır [10].

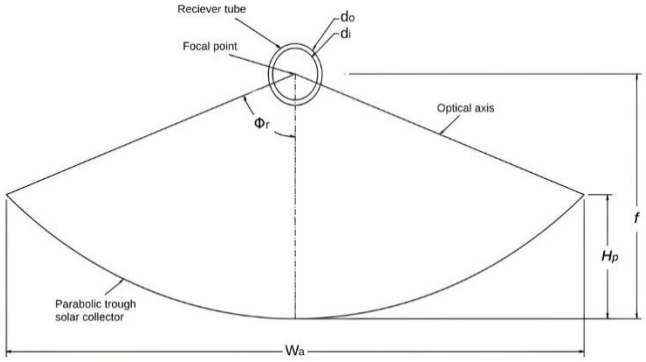
$$Qsu = m \times c \times \Delta T = 20\ kg \times 4{,}186\ (joule/g \times ^{\circ}C) \times (90-20) = 5860.4\ kj \quad (1)$$

Isıya ihtiyaç duyulmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Sinop ilinin güneşlenme verileri ışığında nisan ayında günlük ortalama metre kareye gelen güneş radyasyonu 789,7 W/m^2 gün ve 6,6 saatlik günlük güneşlenme süresi dikkate alınarak; Gerekli olan 5860,4 kj' lük ısı miktarını 1 m^2 güneşlenme alanından sağlayabilmek için;

$$t = Qsu / Q\ rad = 5860{,}4 / (0{,}7896969697 \times 3600) = 2.06\ saat \quad (2)$$

Yaklaşık 2 saate ihtiyaç vardır. Yoğunlaştırılmış güneş sistemindeki kayıplar ve parabolik sistem verimlerinin %30-70 arasında oluğu dikkate alındığında 1,5 – 2 m^2'lik yüzey alanına sahip kolektörün yeterli olacağı ön görülmektedir. Parabolik şekilli bir yansıtıcı ve bir alıcıdan oluşmaktadır. Yansıtıcı yüzey üzerine gelen güneş ışınımı yoğunlaştırarak odak noktasındaki alıcıya verir. Parabolik yansıtıcının geometrik kesit diyagramı Görsel 3'de gösterilmiştir. Parabolik açıklığı (Wa) 80 cm ve parabol yüksekliği (Hp) 15 cm alınarak aşağıdaki denkleme göre parabolün odak noktası hesaplanmıştır [11].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3. Parabolik yansıtıcı geometrinin kesit diyagramı

$$f = \frac{(\frac{Wa}{2})^2}{4H_p} \quad (3)$$

Burada Wa, Parabolik açıklığının uzunluğunu, Hp ise parabol yüksekliği ifade etmektedir. Buradan parabolün odak noktası mesafesi 26,6 cm olarak bulunur. 80 cm'lik yayın iki ucu arasındaki doğrusal mesafe güneşlenme alanının genişliği, parabol iskeletinin uzunluğunun 210 cm alınması durumunda yüzey alanını 1,68 m² olarak bulunur. 1,68 m² bu alan 20 ˚C suyu 90 ˚C'ye 2 saatte getirebilecek sistem için yeterlidir.

4. SONUÇLAR

Kuracağımız parabolik sistem ile fabrikalarda pastörizasyon işlemleri için gerekli enerji azaltılacaktır. Tasarladığımız bu sistem ile tank içerisindeki suyu 90 ˚C'ye yaklaşık 2 saatte çıkartmayı hedeflemekteyiz. Yapılan teorik hesaplamalar sonunda Sinop ilinde kurulması planlanan parabolik sistemin nisan ayı ışınım verilerine göre kesit alanı 1,68 m² olarak hesaplanmıştır. Bu alan 20kg suyun sıcaklığı 20 ˚C suyu 90 ˚C'ye 2 saatte çıkarabileceği düşünüldüğünde evlerde su ısıtması için kullanılan geleneksel güneş sistemlerinden daha verimli çalışacağı düşünülmektedir. Ayrıca tarım ürünlerinin kurutma işlemleri daha kolay ve az masrafla gerçekleşecektir. İki farklı akışkan kullanarak sistemin verimleri karşılaştırılmış olunacaktır. Farklı formlardaki akışkanın geçirildiği boruların ve verim karılaştırılması yapılacaktır. Sistem boyutlarının arttırılması ile istenilen sıcaklığa daha kısa sürede çıkılacağı beklenmektedir.

.

KAYNAKÇA

[1] M. Yılmaz, Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4 (2012) 33–54. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000064.
[2] S. Sayın, İ. Koç, GÜNEŞ ENERJİSİNDEN AKTİF OLARAK YARARLANMADA KULLANILAN FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER VE YAPILARDA KULLANIM BİÇİMLERİ, sujest 26 (2011) 89–106.
[3] S.A. Kalogirou, Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 231–295. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[4] M.O. Karaagac, H. Oğul, F. Bulut, Sinop İli Koşullarında Monokristal ve Polikristal Fotovoltaik Panellerin Değerlendirilmesi, Türk Doğa ve Fen Dergisi 10 (2021) 176–181. https://doi.org/10.46810/tdfd.855488.
[5] H. Ertas, A.İ. Şen, A. Parmaksızoğlu, A.İ. Şen, Okul Dışı Bilimsel Etkinliklerin 9. Sınıf Öğrencilerinin Enerji Konusunu Günlük Hayatla İlişkilendirme Düzeyine Etkisi, NFE-EJSME 5 (2011) 178–198.
[6] E. Kapluhan, ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU, Journal of Geography (2015) 70–98.
[7] M.O. Karaağaç, H. Oğul, S. Bardak, Kanatlı Hayvan Çiftliği İçin Güneş Enerji Sisteminin Tasarımı ve Maliyet Hesabı, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 8 (2020) 711–722. https://doi.org/10.29130/dubited.490154.
[8] Global Solar Atlas, (n.d.). https://globalsolaratlas.info/map (accessed December 18, 2024).
[9] A. Özenoğlu, Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları, Eğitim Yayinevi, 2024.
[10] M.O. Karaağaç, A. Kabul, F. Yiğit, Kombine Doğalgaz Çevrim Santralinin Performans Analizi, Politeknik Dergisi (2019) 319–325. https://doi.org/10.2339/politeknik.403996.
[11] M. Chafie, M.F. Ben Aissa, A. Guizani, Energetic end exergetic performance of a parabolic trough collector receiver: An experimental study, Journal of Cleaner Production 171 (2018) 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.012.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

E-GAMMA-T½-SPACES

Professor Dr. Aynur KESKIN KAYMAKCI
Selcuk University, Faculty of Sciences,
akeskin@selcuk.edu.tr 0000-0001-5909-8477

ABSTRACT

First of all, we give some characterizations of the concepts both e-γ-closed sets and e-γ-g-closed sets. Then, we obtain that e-γ-T½-space is stronger than e-γ-T$_0$-space and weaker than e-γ-T$_1$-space. To give a decomposition of e-γ-T$_1$-space, we define the concept of e-γ-symmetric as a new space and give a characterization of this space. Finally, we also obtain that each of the e-γ-T$_i$-space such that i={0,1/2,1} concepts coincides with the other in e-γ-symmetric spaces.

Keywords : e-γ-open sets, e-γ-closed sets, e-γ-g-closed sets, e-γ-T½-spaces, e-γ-T$_0$-spaces, e-γ-T$_1$-spaces, e-γ-symmetric spaces.

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

Let (Z,τ) be a topological space (briefly, space) and $X\subseteq Z$. The closure of X and the interior of X are denoted by c(X) and i(X), respectively. An operation γ[2] on a topology τ is a mapping from τ into power set $\wp(Z)$ of Z such that $T\subseteq\gamma(T)$ for each $T\in\tau$, where γ(T) denotes the value of γ at T. A subset X of Z is called γ-open[2] if for each $z\in X$, there exists an open set U such that $z\in U$ and $\gamma(U)\subseteq X$. Then, τ_γ denotes the set of all γ-open sets in Z. Of course, $\tau_\gamma\subseteq\tau$ and τ_γ doesn't form a topology in generally[4]. Complements of γ-open sets are called γ-closed. The τ_γ-interior [3] of X is denoted by τ_γ-i(X) and defined to be the union of all γ-open sets of Z contained in X. The τ_γ-closure[3] of X is denoted by τ_γ-c(X) and defined to be the intersection of all γ-closed sets of containing in X. So, X is γ-open iff $X=\tau_\gamma$-i(X) and X is γ-closed iff $X=\tau_\gamma$-c(X)([3]).

In this paper, (Z,τ,γ); we will show the (Z,τ) space and the space obtained by γ any operator defined on the topology τ and call this space operator space for short.

We recall necessary some definitions and lemmas.

Definition 1.1. ([1]) Let (Z,τ,γ) be an operation space and $X\subseteq Z$. Then
(1) X is is said to be an e-γ-open (briefly, e-γ-o.) if $X\subseteq c(\tau_\gamma\text{-}i(X))\cup i(\tau_\gamma\text{-}c(X))$
(2) X is said to be an e-γ-closed (e-γ-c.) if and only if it's complement is an e-γ-open.

Definition 1.2. ([1]) Let X be a subset of an operation space (Z,τ,γ). The intersection of all e-γ-c. sets containing X is said to be e-γ-closure of X.

In this paper, it is denoted by eγ-c(X).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Lemma 1.3. ([1]) For a subset X of an operation space (Z,τ,γ). Then, the next property is true: "X is e-γ-c. set in (Z,τ,γ) if and only if $X= e\gamma\text{-}c(X)$."

Definiton 1.4. ([1]) A subset of X of an operation space (Z,τ,γ) is said to be e-γ-g-closed (briefly, e-γ-g-c.) if $e\gamma\text{-}c(X)\subseteq T$ whenever $X\subseteq T$ and T is an e-γ-o. set in Z.

In any operation space, every e-γ-c. set is an e-γ-g-c. But the converse of this implication isn't true as generally. Let an space (Z,τ) such that $Z=\{x,y,z\}$ and $\tau=\{\emptyset,Z,\{x\},\{x,y\},\{x,z\}\}$. Define an operation $\gamma:\tau\to\wp(Z)$ such that $\gamma(X)=c(X)$ for $y\in X$ and $\gamma(X)=X$ for $y\notin X$. Then, $X=\{y,z\}\subseteq Z$ is an e-γ-g-c. but it isn't e-γ-c.([1])

Definition 1.5. ([1]) An operation space (Z,τ,γ) is said to be
(1) e-γ-T_0-space if for each pair of distinct points z,y in Z there exists an e-γ-o. set T such that either $z\in T$ and $y\notin T$ or $y\in T$ and $z\notin T$.
(2) e-γ-T_1-space if for each pair of distinct points z,y in Z there exist two e-γ-o. sets T and U such that either $z\in T$ and $y\notin T$ and $y\in U$ and $z\notin U$.
(3) e-γ-$T_{½}$-space if every e-γ-g-c. set is e-γ-c.

Lemma 1.6. ([1]) An operation space (Z,τ,γ) is an e-γ-T_1-space if and only if the singletons are e-γ-c. sets.

Lemma 1.7. ([1]) Every e-γ-T_1-space is an e-γ-T_0.

2. E-γ-G-CLOSED SETS AND E-γ-$T_{½}$-SPACES

We must state that this section is consisted of two parts. In the first part, we obtain some characterizations and properties both e-γ-c. sets and e-γ-g-c. set in operation topological spaces. In the last part, we give that some fundamental and important properties of e-γ-$T_{½}$-space.

Theorem 2.1. For the e-γ-closure of subsets X,Y in an operation space (Z,τ,γ), the next properties hold:
(1) If $X\subseteq Y$, then $e\gamma\text{-}c(X)\subseteq e\gamma\text{-}c(Y)$;
(2) $e\gamma\text{-}c(X)$ is an e-γ-c., that is $e\gamma\text{-}c(X)=e\gamma\text{-}c(e\gamma\text{-}c(X))$;
(3) $z\in e\gamma\text{-}c(X)$ if and only if $X\cap T\neq\emptyset$ for every e-γ-o. set T of Z containing z.

Proof. It is obvious.

Proposition 2.2. In an operation space (Z,τ,γ), $X\subseteq Z$ is e-γ-g-c. if and only if $e\gamma\text{-}c(\{z\})\cap T\neq\emptyset$ holds for every $z\in e\gamma\text{-}c(X)$.

Proof. Sufficiency. Let T be an e-γ-o. set and $X\subseteq T$. According to hypothesis, there exists a $y\in e\gamma\text{-}c(\{z\})$ and $y\in X\subseteq T$. It follows from Theorem 2.1(3) that $T\cap\{z\}\neq\emptyset$. Therefore $z\in T$ and this implies that $e\gamma\text{-}c(X)\subseteq T$. So, X is an e-γ-g-c. in (Z,τ).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Necessity. Let X be an e-γ-g-c. subset of Z and $z \in e\gamma\text{-}c(X)$ such that $e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap T \neq \emptyset$. According to Theorem 2.1(2) since $e\gamma\text{-}c(\{z\})$ is an e-γ-c., we have $(Z\text{-}(e\gamma\text{-}c(\{z\})))$ is an e-γ-o. set from Definition 1.1. Since $X \subseteq (Z\text{-}(e\gamma\text{-}c(\{z\})))$ and X is an e-γ-g-c., we have $e\gamma\text{-}c(X) \subseteq (Z\text{-}(e\gamma\text{-}c(\{z\})))$ and hence $z \notin e\gamma\text{-}c(X)$. This is contradiction and hence $e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap X \neq \emptyset$.

Theorem 2.3. Let (Z,τ,γ) be an operation space and $X \subseteq Z$. If $e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap X \neq \emptyset$ holds for every $z \in e\gamma\text{-}c(X)$, then $(e\gamma\text{-}c(X)\text{-}X)$ doesn't contain a non-empty e-γ-c. set.

Proof. Let K is a non-empty e-γ-c. set and $K \subseteq (e\gamma\text{-}c(X)\text{-}X)$. If $z \in K$, then we have $z \in e\gamma\text{-}c(X)$. So, we have $\emptyset \neq (e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap X) \subseteq (e\gamma\text{-}c(K) \cap X) = K \cap X$ and so $K \cap X \neq \emptyset$. This is a contradiction.

Corollary 2.4. For a subset X of operation space (Z,τ,γ), the next equivalent is hold: "X is an e-γ-g-c. set if and only if $X=(K\text{-}F)$, where K is an e-γ-c. and F contains no non-empty e-γ-c. subset."

Proof. Necessity. The proof is obtained from Proposition 2.2 and Theorem 2.3 by taking $K=e\gamma\text{-}c(X)$ and $F=(e\gamma\text{-}c(X)\text{-}X)$.

Sufficiency. If $X=(K\text{-}F)$ and $X \subseteq T$ with T is an e-γ-o., then $(K \cap (Z\text{-}T))$ is an e-γ-c. subset of F and hence it is empty. Therefore, $e\gamma\text{-}c(X) \subseteq K \subseteq T$.

Theorem 2.5. Let (Z,τ,γ) be an operation space. If $X \subseteq Z$ is an e-γ-g-c. set and $X \subseteq Y \subseteq e\gamma\text{-}c(X)$, then $Y \subseteq Z$ is an e-γ-g-c.

Proof. Let X be an e-γ-g-c. set such that $X \subseteq Y \subseteq e\gamma\text{-}c(X)$. Let T be an e-γ-o. set of Z such that $Y \subseteq T$. Since X is an e-γ-g-c., we have $e\gamma\text{-}c(X) \subseteq T$. Using Theorem 2.1(1) and Theorem 2.1(2), $e\gamma\text{-}c(X) \subseteq e\gamma\text{-}c(Y) \subseteq e\gamma\text{-}c(e\gamma\text{-}c(X)) = e\gamma\text{-}c(X) \subseteq T$ and hence $e\gamma\text{-}Cl(Y) \subseteq T$. So, $T \subseteq Z$ is an e-γ-o. and $Y \subseteq Z$ is an e-γ-g-c..

Theorem 2.6. Let (Z,τ,γ) be an operation space. Then for each $z \in Z$, either $\{z\} \subseteq Z$ is an e-γ-c. or $(Z\text{-}\{z\}) \subseteq Z$ is an e-γ-g-c..

Proof. Assume that $\{z\}$ isn't e-γ-c., then $(Z\text{-}\{z\})$ isn't e-γ-o. from Definition 2.1. Let T be any e-γ-o. set such that $(Z\text{-}\{z\}) \subseteq T$ and hence $T=Z$. Therefore $e\gamma\text{-}c(Z\text{-}\{z\}) \subseteq T$ and hence $(Z\text{-}\{z\})$ is an e-γ-g-c..

Theorem 2.7. An operation space (Z,τ,γ) is an e-γ-$T_{½}$-space if and only if $\{z\} \subseteq Z$ is an e-γ-c. or e-γ-o..

Proof. Necessity. Assume that $\{z\} \subseteq Z$ isn't e-γ-c.. From Theorem 2.6, $(Z\text{-}\{z\})$ is an e-γ-g-c. and using hypothesis we have $(Z\text{-}\{z\})$ is an e-g-c. and hence $\{z\} \subseteq Z$ is an e-γ-o..

Sufficiency. Let K be an e-γ-g-c. subset of Z and $z \in e\gamma\text{-}c(K)$. Then, $\{z\}$ is an e-γ-c. or e-γ-o..

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(1) Assume that {z} is an e-γ-c. and $z \notin K$. Then, we have $z \in (e\gamma\text{-}c(K)-K)$. But according to Theorem 2.3, this isn't possible and hence we have $z \in K$. So $e\gamma\text{-}c(K)=K$ and hence K is e-γ-c..
(2) Assume that {z} is an e-γ-o.. By using Theorem 2.1(3), we have $\{z\} \cap K \neq \emptyset$ and hence $z \in K$. This implies that $e\gamma\text{-}c(K) \subseteq K$ and hence K is e-γ-c..
Eventually, we obtain that (Z,τ,γ) is an e-γ-$T_{½}$-space from Definition 1.5(3).

Definition 2.8. An operation space (Z,τ,γ) is called an e-γ-symmetric space if for z and y in Z, $z \in e\gamma\text{-}c(\{y\})$ implies that $y \in e\gamma\text{-}c(\{z\})$.

Theorem 2.9. (Z,τ,γ) is an e-γ-symmetric space if and only if $\{z\} \subseteq Z$ is an e-γ-g-c., for each $z \in Z$.

Proof. Necessity. Let $\{z\} \subseteq T$, $T \subseteq Z$ is an e-γ-o. and $e\gamma\text{-}c(\{z\}) \not\subset T$. So, $[e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap (Z-T)] \neq \emptyset$ is true. There is $y \in [e\gamma\text{-}c(\{z\}) \cap (Z-T)]$ and using Definition 2.8, $z \in e\gamma\text{-}Cl(\{y\})$ is obtained. Since $y \in (Z-T)$ and $(Z-T) \subseteq Z$ is an e-γ-c., $e\gamma\text{-}c(\{y\}) \subseteq (Z-T)$ from Lemma 1.3 and Theorem 2.1(2). So, $z \in e\gamma\text{-}c(\{y\}) \subseteq (Z-T)$ and $z \notin T$. This is contradiction and hence, {z} is an e-γ-g-c. for each $z \in Z$.

Sufficiency. Let {z} is an e-γ-g-c., for ech $z \in Z$. Let $z \in e\gamma\text{-}c(\{y\})$ and $y \notin e\gamma\text{-}c(\{z\})$. Then, $\{y\} \subseteq (Z-e\gamma\text{-}c(\{z\}))$ and $e\gamma\text{-}c(\{y\}) \subseteq (Z-e\gamma\text{-}c(\{z\}))$ from Definition 1.4. So $z \in (Z-e\gamma\text{-}c(\{y\}))$. This is a contradiction and we have $y \in e\gamma\text{-}c(\{z\})$. This shows that (Z,τ,γ) is an e-γ-symmetric.

Corollary 2.10. Every e-γ-T_1-space is an e-γ-symmetric.

Proof. Let (Z,τ,γ) is an e-γ-T_1-space. Using Lemma 1.6, every singleton is an e-γ-g-c. subset of Z. Hence we obtained that (Z,τ,γ) is an e-γ-symmetric space from Theorem 2.9.

Corollary 2.11. Let (Z,τ,γ) be an operation space. (Z,τ,γ) is an e-γ-T_1-space if and only if it is an e-γ-symmetric and e-γ-T_0.

Proof. Necessity. The proof is obtained from Corollary 2.10 and Lemma 1.7.

Sufficiency. Let $y \neq z$ and (Z,τ,γ) be an e-γ-T_0-space. Assume that $z \in T \subseteq (Z-\{y\})$ for some $T \subseteq Z$ is an e-γ-o.. So, $z \notin e\gamma\text{-}c(\{y\})$ and hence $y \notin e\gamma\text{-}c(\{z\})$. Then, there exists an e-γ-o. set U such that $y \in U \subseteq (Z-\{z\})$. This shows that (Z,τ,γ) be an e-γ-T_1.

Remark 2.12. For any operation space (Z,τ,γ), the next statements are hold:
(1) If (Z,τ,γ) is e-γ-T_1-space, then it is an e-γ-$T_{½}$.
(2) If (Z,τ,γ) is e-γ-$T_{½}$ -space, then it is an e-γ-T_0.

Proposition 2.13. For an e-γ-symmetric space (Z,τ,γ), the next properties are equivalent:
(1) (Z,τ,γ) is an e-γ-T_0-space.
(2) (Z,τ,γ) is an e-γ-$T_{½}$-space.
(3) (Z,τ,γ) is an e-γ-T_1-space.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Proof. (1)⇔(3). The proof is obvious from that Corollary 2.11.
(3)⇒(2) and (2)⇒(1) are obtained directly from Remark 2.13.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Operation topological space is exactly as unification of topological spaces. To contribute of this area, we have devoted this article to investigating a new generalization of closed sets which name is e-γ-closed. We give a characterization of e-γ-$T_{½}$-spaces which is related to an e-γ-closed set or e-γ-open set. To obtain decomposition of e-γ-T_1-spaces, we introduce the concept of e-γ-symmetric spaces. We obtain that e-γ-$T_{½}$-spaces is between e-γ-T_0-spaces and e-γ-T_1-spaces. Finally, in e-γ-symmetric spaces we also give that the three separation axioms mentioned above coincide with each other.

Our future plan will focus on decompositions of e-γ-closed sets related to e-γ-g-closed. Then, we will study on continuity using what we can get.

REFERENCES

[1] Horoz, H. A., *Topolojik Uzaylarda e-γ-açık Kümeler Ailesi,* Yüksek Lisans Tezi, Selcuk University, Institute of Sciences, Konya, 2024.

[2] Kasahara, S., Operation Compact Spaces, Mathematica Japonica, 24,1, 1979, 97-105.

[3] Krisnan G. S. S., A New Class of semi open sets in a topological space, Proc. Ncncm, Allied Publishers, New Delhi, 2003, 305-311.

[4] Ogata, H., Operation on topological spaces and associated topology, Mathematica Japonica, 36,1, 1991, 175-184.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THREE FUNCTIONS FOR E-GAMMA-OPEN SETS

Professor Dr. Aynur KESKIN KAYMAKCI
Selcuk University, Faculty of Sciences,
akeskin@selcuk.edu.tr 0000-0001-5909-8477

ABSTRACT

In this study, in order to answer the questions of when the concepts of both e-γ-g-closed sets and e-γ-T½-spaces in operator topological spaces are preserved we introduce a new family of functions called e-γ-irresolute functions and give some characterizatons of them. By introducing the e-γ-continuous functions regarding e-γ-open sets, some of its properties and equivalences are obtained. Besides, we present a new the concept of the graph of a function called an e-γ-closed graph and investigate some of their basic properties.

Keywords : e-γ-open sets, e-γ-closed sets, e-γ-g-closed sets, e-γ-T½-spaces, e-γ-irresolute functions, e-γ-continuous functions, e-γ-closed graph function.

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

Let G be a subset of Z and (Z,ω) be a topological space (briefly, space). The closure of G (resp. interior of G) is denoted by clo(G) (resp.int(G)). γ is a function defined from ω into $\wp(Z)$, for every open set P to a subset γ(P) satisfying P⊆γ(P)($\wp(Z)$ is power set of Z) and γ is said to be an operator on ω [2]. G⊆Z is said to be γ-open[2](briefly, γ-op.) iff for each z∈G, there exists an P∈ω such that z∈P and γ(P)⊆G. The set of all γ-op. sets of Z is indicated by ω_γ and $\omega_\gamma \subseteq \omega$ is hold ([5]). Complements of γ-op. sets are said to be γ-closed(briefly, γ-cl). The ω_γ-interior[3](resp. ω_γ-closure[3]) of G is denoted by ω_γ-int(G)(resp. ω_γ-clo(G)) and defined by ω_γ-int(G)=∪{P⊆G: P is a γ-op. set} (resp. ω_γ-clo(G)=∩{T ⊆Z: G⊆T and T is γ-cl. set}). Of course, the next two equivalences are hold: G is γ-op. set iff G=ω_γ-int(G) and G is γ-cl. set iff G=ω_γ-clo(G)([3]).

The space consisting of the (Z,ω) space and the γ operator defined on the ω topology will be indicated as (Z,ω,γ) and will be briefly called the operator space. Recall some necessary knowledges.

Definition 1.1. ([1]) Let (Z,ω,γ) be an operation space and G⊆Z. Then G is said to be an e-γ-open (briefly, e-γ-op.) if G⊆clo(ω_γ-int(G))∪int(ω_γ-clo(G)). Hence, G is said to be an e-γ-closed (briefly, e-γ-cl.) if (Z-G) is an e-γ-op..
The family of all e-γ-op. sets of Z will be denoted by eγO(Z).

Remark 1.2. ([1]) Although eγO(Z) is closed under arbitrary union but isn't closed under finite intersection. So, it doesn't form a topology.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Definition 1.3. ([1]) For $G\subseteq Z$ in (Z,ω,γ), $e\text{-}\gamma\text{-clo}(G)=\cap\{T\subseteq Z: G\subseteq T, T \text{ is } e\text{-}\gamma\text{-cl. set}\}$ is said to be e-γ-closure of G.

Lemma 1.4. ([1]) For $G\subseteq Z$ in (Z,ω,γ), then G is e-γ-cl. set iff $G=e\gamma\text{-clo}(G)$.

Definition 1.5. ([1]) (Z,ω,γ) is said to be
(1) e-γ-T_0-space if for each $z_1,z_2\in Z$ when $z_1\neq z_2$ there exists a $P\in e\gamma O(Z)$ so that either $z_1\in P$ and $z_2\notin P$ or $z_2\in P$ and $z_1\notin P$.
(2) e-γ-T_1-space if for each $z_1,z_2\in Z$ when $z_1\neq z_2$ there exist $P,W\in e\gamma O(Z)$ so that $z_1\in P$, $z_2\in W$, $z_2\notin P$ and $z_1\notin W$.
(3) e-γ-T_2-space if for each $z_1,z_2\in Z$ when $z_1\neq z_2$ there exist $P,U\in e\gamma O(Z)$ so that $z_1\in P$, $z_2\in W$ and $(P\cap W)=\emptyset$.

Definition 1.6. ([4]) (Z,ω) is said to be
(1) T_1-space if for each $z_1,z_2\in Z$ when $z_1\neq z_2$ there exist $P,U\in\omega$ so that $z_1\in P$, $z_2\in W$, $z_2\notin P$ and $z_1\notin W$.
(2) T_2-space if for each $z_1,z_2\in Z$ when $z_1\neq z_2$ there exist $P,W\in\omega$ so that $z_1\in P$, $z_2\in W$ and $(P\cap W)=\emptyset$.

Definition 1.7. ([1]) $f:(Z,\omega,\gamma)\to(X,\varpi,\delta)$ is said to be an $e(\gamma,\delta)$-continuous function if for each $z\in Z$ and each $V\in e\delta O(X)(f(z)\in V)$, there is an $P\in e\gamma O(Z)(z\in P)$ such that $f(P)\subseteq V$.

Of course, (X,ϖ,δ) is an operation space such that (X,ϖ) be any space and δ be a operation which is defined on the topology ϖ. The family of all closed sets of (X,ϖ) will be indicated by ϖ^t.

In this study, e-γ-irresolute function will be used instead of the concept $e(\gamma,\delta)$-continuous.

2. E-γ-IRRESOLUTE FUNCTIONS, E-γ-CONTINUOUS FUNCTIONS AND E-γ-CLOSED GRAPHS

This section is consisted of three parts. In the first part, we obtain some properties of e-γ-irresolute functions. In the second part, we introduce the concept of an e-γ-continuous functions. In the last part, we defined the notion of e-γ-closed graph functions and give a characterization and some fundamental properties.

Definition 2.1. For G be a subset of (Z,ω,γ), $e\text{-}\gamma\text{-ker}(G)=\cap\{P\subseteq Z: P\in e\gamma O(Z), G\subseteq P\}\subseteq Z$ is called e-γ-kernel of G.

Theorem 2.2. In any operation space (Z,ω,γ), $y\in e\text{-}\gamma\text{-ker}(\{z\})$ iff $z\in e\gamma\text{-ker}(\{y\})$.

Proof. Sufficiency. Let $y\notin e\text{-}\gamma\text{-ker}(\{z\})$. Then, there exists a $P\in e\gamma O(Z)$ so that $z\in P$ and $y\notin P$. Therefore, $z\notin e\text{-}\gamma\text{-ker}(\{y\})$.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Necessity. This proof is obtained similarly the proof of sufficiency.

Definition 2.3. A subset G of (Z,ω,γ) is called an e-γ-neighborhood of a point $z\in Z$ if there exists a $P\in e\gamma O(Z)$ so that $z\in P\subseteq G$.

Theorem 2.4. For a subset G of (Z,ω,γ), then e-γ-ker(G)={z∈Z: e-γ-ker({z})∩G≠∅}.

Proof. Let z∈e-γ-ker(G) and assume that e-γ-ker({z})∩G=∅. So, z∉(Z-e-γ-ker({z})) so that (Z-e-γ-ker({z}))∈eγO(Z) and G⊆(Z-e-γ-ker({z})) from Definition 1.1. Since z∈e-γ-ker(G), this is unpossible. Hence e-γ-ker({z})∩G≠∅ and e-γ-ker(G)⊆{z∈Z:e-γ-ker({z})∩G≠∅}.

Conversely, let z∈Z and e-γ-ker({z})∩G≠∅. Assume that z∉e-γ-ker(G). Then there exists a P∈eγO(Z) so that G⊆P and z∉P. From hypothesis, let y∈[e-γ-ker({z})∩G]. Hence V is an e-γ-neighborhood of y so that z∉V. So, this is contradiction and z∈ e-γ-ker(G). Hence, {z∈Z:e-γ-ker({z})∩G≠∅}⊆e-γ-ker(G).

Eventualy, e-γ-ker(G)={z∈Z: e-γ-ker({z})∩G≠∅} is hold.

Definition 2.5. A subset G of (Z,ω,γ) is called an e-γ-D-set if there are two e-γ-op. sets P and W such that P≠Z and G=(P-W).

Proposition 2.6. In an operation space (Z,ω,γ) if a singleton {z} is an e-γ-D-set, then e-γ-ker({z})≠Z.

Proof. Since {z} is an e-γ-D-set of Z, there exist P,W∈eγO(Z) so that P≠Z and {z}=(P-W). Hence e-γ-ker({z})⊆P≠Z and so e-γ-ker({z})≠Z.

Theorem 2.7. If $f:(Z,\omega,\gamma)\to(X,\varpi,\delta)$ is an e-γ-irresolute surjective function and H⊆X is an e-δ-D-set, $f^{-1}(H)\subseteq Z$ is an e-γ-D-set.

Proof. Let H⊆X be an e-δ-D-set. So, there are S,V∈eδO(X) so that S≠X and W=(S-V). As f is an e-γ-irresolute, $f^{-1}(S)$,$f^{-1}(V)\in e\gamma O(Z)$ by using Definition 1.7. Also since S≠Y and f is surjective, $f^{-1}(S)\neq Z$. Therefore, $f^{-1}(H)=(f^{-1}(S)-f^{-1}(V))$ and $f^{-1}(H)\subseteq Z$ is an e-γ-D-set.

Definition 2.8. A function $f:(Z,\omega,\gamma)\to(X,\varpi)$ is called an e-γ-continuous function if $f^{-1}(S)\subseteq Z$ is an e-γ-cl., for each S⊆X is open.

Theorem 2.9. For a function $f:(Z,\omega,\gamma)\to(X,\varpi)$, the next properties are equivalent:
(1) f is an e-γ-continuous;
(2) $f^{-1}(R)\subseteq Z$ is an e-γ-cl., for each $R\in\varpi^t$;
(3) f(e-γ-clo(G))⊆clo(f(G)), for eech G⊆Z;
(4) e-γ-clo($f^{-1}(H)$)⊆f^{-1}(clo(H)), for each H⊆X.

Proof. (1)⇒(2) This proof is clear.

(3)⇒(4) Let H⊆X. Then, by using (3) f(e-γ-clo($f^{-1}(H)$))⊆clo(f(($f^{-1}(H)$))⊆clo(H). Therefore, eγ-clo($f^{-1}(H)$)⊆f^{-1}(clo(H)).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(4)⇒(3) Let H=f(G), for G⊆Z. Then, according to (4) e-γ-clo(f $^{-1}$(f(G)))⊆f $^{-1}$(clo(f(G))). Eventualy, f(e-γ-clo(G))⊆clo(f(G)).

(2)⇒(4) Let H⊆X. As f $^{-1}$(clo(H))⊆Z is an e-γ-cl, f $^{-1}$(H)⊆f $^{-1}$(clo(H)) by using Lemma 1.4. Therefore, e-γ-clo(f $^{-1}$(H))⊆e-γ-clo(f $^{-1}$(clo(H)))=f $^{-1}$(clo(H)) and e-γ-clo(f $^{-1}$(H))⊆f $^{-1}$(clo(H)).

(4)⇒(2) Let R∈ϖ^{t}. Using (4), e-γ-clo(f $^{-1}$(R))⊆f $^{-1}$(clo(R))=f $^{-1}$(R). Therefore, f $^{-1}$(R)⊆Z is an e-γ-cl. and hence f is an e-γ-continuous.

Theorem 2.10. If f:(Z,ω,γ)→(X,ϖ) is an e-γ-continuous injective function and (X,ϖ) is T_2-space, then (Z,ω,γ) is an e-γ-T_2.

Proof. Let z_1,z_2∈Z when z_1≠z_2. According to hypothesis since f is injective f(z_1),f(z_2)∈X so that f(z_1)≠f(z_2). Since (X,ϖ) is T_2-space, using Definition 1.6(2) there exist S,V∈ϖ so that f(z_1)∈S, f(z_2)∈V and S∩V=∅. As f is an e-γ-continuous function f $^{-1}$(S),f $^{-1}$(V)∈eγO(Z) so that z_1∈f $^{-1}$(S) and z_2∈f $^{-1}$(V). So, f $^{-1}$(S)∩f $^{-1}$(V)=f $^{-1}$(S∩V)=f $^{-1}$(∅)=∅ and f $^{-1}$(S∩V)=∅. Therefore, (Z,ω,γ) is an e-γ-T_2 from Definition 1.5(3).

Definition 2.11. For a function f:(Z,ω,γ)→(X,ϖ), the graph G(f)={(z,f(z)):z∈Z} is called e-γ-closed if for each (z,x)∉G(f), there exist a P∈eγO(Z) and a V∈ϖ so that z∈P, x∈V and (P×V)∩G(f)=∅.

Lemma 2.12. The function f:(Z,ω,γ)→(X,ϖ) has an e-γ-closed graph iff for each z∈Z and x∈X when x≠f(z) there exist a P∈eγO(Z) and a V∈ϖ so that z∈P, x∈V and f(P)∩V=∅.

Theorem 2.13. If f:(Z,ω,γ)→(X,ϖ) is an injective function with e-γ-closed graph, then (Z,ω,γ) is an e-γ-T_1.

Proof. Let z_1,z_2∈Z when z_1≠z_2. As f is injective, then f(z_1)≠f(z_2). Since f has an e-γ-closed graph there exist a P∈eγO(Z) and a V∈ϖ such that z_1∈P, f(z_2)∈V and f(P)∩V=∅. So, z_2∉P and hence (Z,ω,γ) is an e-γ-T_1 using Definition 1.5(2).

Theorem 2.14. If f:(Z,ω,γ)→(X,ϖ) is an injective e-γ-continuous function with e-γ-closed graph, then (Z,ω,γ) is an e-γ-T_2.

Proof. Let z_1,z_2∈Z when z_1≠z_2. As f is injective, then f(z_1)≠f(z_2) and (z_1,f(z_2)∈[(Z×Y)-G_f)]. Since the graph G_f is an e-γ-closed, a P∈eγO(Z) and a V∈ϖ so that z_1∈P, f(z_2)∈V and f(P)∩V=∅. As f is an e-γ-continuous, f $^{-1}$(V)∈eγO(Z) so that z_2∈f $^{-1}$(V) and P∩f $^{-1}$(V)=∅. Therefore, (Z,ω,γ) is an e-γ-T_2 by using Definition 1.5(3).

Theorem 2.15. If f:(Z,ω ,γ)→(X,ϖ) is an surjective function with e-γ-closed graph, then (X,ϖ) is a T_1-space.

Proof. Let x_1,x_2∈X when x_1≠x_2. Since f is surjective, there exists z∈Z so that f(z)=x_2 and hence (z,x_1)∉G_f. From Lemma 2.12, there exist a P∈eγO(Z) and a V∈ϖ so that z∈P, x_1∈V and f(P)∩V=∅. So, f(z)=x_2∉V and (X,ϖ) is a T_1-space from Definition 1.6(1).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. RESULTS AND DISCUSSION

The notion of operation topological spaces is one of the most important subjects. So, it is studied densely several authors. We focus on three functions which names are e-γ-irresolute, e-γ-continuous and e-γ-closed graph for the concept of e-γ-open sets. Besides, we introduce the concept of e-γ-D-sets and obtain some properties related to it.

Our future plan will focus on separation axioms by using e-γ-D-sets. For them, we will examine these axioms under the three functions we focus on in this study.

REFERENCES

[1] Horoz, H. A., *Topolojik Uzaylarda e-γ-açık Kümeler Ailesi,* Yüksek Lisans Tezi, Selcuk University, Institute of Sciences, Konya, 2024.

[2] Kasahara, S., Operation Compact Spaces, Mathematica Japonica, 24,1, 1979, 97-105.

[3] Krisnan G. S. S., A New Class of semi open sets in a topological space, Proc. Ncncm, Allied Publishers, New Delhi, 2003, 305-311.

[4] Kuratowski, K., *Topology*, Vol. I, Academic Press, New York, 1966.

[5] Ogata, H., Operation on topological spaces and associated topology, Mathematica Japonica, 36,1, 1991, 175-184.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PROJEKTİF DÜZLEMDE LİNEER BEZİER EĞRİLERİ

Doç. Dr. Muhsin İNCESU
Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi
m.incesu@alparslan.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-2515-9627

ÖZET

Projektif düzlem elde etmenin bir yöntemi olarak verilen bir Afin düzleme ideal nokta adı verilen sonsuzda noktalar ilave edilmesi ile bir afin düzlemin kapanışının elde edilmesi yöntemidir. Buna göre afin düzlemdeki her bir doğruya sonsuzda bir nokta karşılık getirilmekte; Paralel doğrulara ise ancak bir ortak ideal nokta karşılık getirilmedir. Bu şekilde sonsuzdaki noktalar ilave edilerek verilen bir Afin düzlemin kapanışı elde edilmektedir. Projektif düzlem aksiyomlarına göre bu elde edilen kapanış uzayıbir projektif düzlem ifade etmektedir. Bu çalışmada bir afin düzlemin kapanışı olarak alınan bir kümede tanımlanacak ve başlangıç olarak lineer Bezier eğrileri incelenmiş, bu eğrilerin reel projektif düzlem olarak bildiğimiz 3- boyutlu uzaydaki orjinden geçen doğruların kümesi üzerindeki karşılıkları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: En Az 3 Anahtar Kelime yazılması gerekmektedir.

THE LINEAR BEZIER CURVES IN PROJECTIVE PLANE

ABSTRACT

One method of obtaining a projective plane is to obtain the closure of an affine plane by adding points at infinity called ideal points to a given affine plane. Accordingly, each line in the affine plane corresponds to a point at infinity; only one common ideal point corresponds to parallel lines. In this way, the closure of a given affine plane is obtained by adding points at infinity. According to the projective plane axioms, this obtained closure space is a projective plane. In this study, linear Bezier curves are examined as a starting point and the correspondences of these curves on the set of lines passing through the origin in the 3-dimensional space known as the real projective plane are emphasized.

Keywords : Affine plane, Projective plane, Bezier curves

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Bilgisayar detekli tasarımlarda Bezier eğrilerinin, en kararlı çözümleri veren polinom eğriler olmaları nedeniyle bu eğrilerle ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Bunlara örnek olarak G. Farin (1990), R. Farouki (1985), J.Hoschek (1985), H. Potmann (1995), Incesu (2003, 2004), Samancı H,, Çelik S, Incesu M (2015), Samancı H (2018, 2021), Samancı H ve İncesu M (2020), Ören ve İncesu (2020), çalışmaları verilebilir.

Bir Afin düzleme ideal nokta adı verilen sonsuzda noktalar ilave edilmesiyle bir afin düzlemin kapanışı elde edilebilir. Bu kapanış bir Projektif düzlemdir. Bu kapanışın elde edilmesinde her doğruya sonsuzda bir nokta karşılık getirilmektedir. Ancak parallel doğrulara tek ortak nokta karşılık getirilmektedir. Yani bu karşılıklara gore tüm parallel doğrular sonsuzda karşılık getirilen noktada kesişirler. Bu çalışmada bir afin düzlemin kapanışı olarak alınan bir kümede tanımlanacak lineer Bezier eğrileri incelenmiştir. Daha görünür olması için bu eğrilerin reel projektif düzlemde karşılıkları üzerinde durulmuştur.

Afin Uzay ve Afin Düzlem

Tanım : $A \neq \emptyset$ bir küme, V ise K cismi üzerinde bir vektör uzayı olsun. Aşağıdaki önermeleri doğrulayan bir

$$f: A \times A \to V$$

fonksiyonu varsa A, V ile birleştirilmiş bir afin uzaydır denir:

A1) $\forall P, Q, R \in A$ için $f(P,Q) + f(Q,R) = f(P,R)$ dır.

A2) $\forall P \in A$ ve $\forall \alpha \in V$ için $f(P,Q) = \alpha$ olacak biçimde bir tek $Q \in A$ vardır. (Hacısalihoğlu,1983)

Tanım : A afin uzayda$\{P_0, P_1, \dots, P_n\}$ nokta n +1 lisi verilsin. Eğer A ya karşılık gelen vektör uzayında $\{\overrightarrow{P_0P_1}, \overrightarrow{P_0P_2} \dots, \overrightarrow{P_0P_n}\}$ vektör n lisi bir çatı oluşturuyorsa A daki $\{P_0, P_1, \dots, P_n\}$ nokta n +1 lisine A nın bir afin çatısı denir. (Hacısalihoğlu,1983)

Önerme : A bir afin uzay ve V de bu afin uzaya birleşen vektör uzayı olsun. Bu takdirde A nın boyutu V nin boyutuna eşittir.

Şimdi boyutu 2 olan bir afin uzay alalım. Bu afin uzaya bir Afin düzlem adını vereceğiz.

Önerme: A bir afin düzlem olsun. Bu takdirde A şu özellikleri sağlar:

A-1 $P, Q \in A$ iki farklı nokta olsun A da P ve Q yu içeren tek ve bir tek ℓ doğrusu vardır

A-2 Bir $\ell \subset A$ doğrusu ve $P \in A\ (P \notin \ell)$ verildiğinde ℓ -ye paralel ve P-den geçen tek ve bir tek m doğrusu vardır.

A-3 Doğrudaş olmayan en az üç nokta vardır. (P1,P2,P3 noktalarına doğrudaş denir eğer hepsi aynı doğru üzerinde ise.) (Hartshorne, 1967)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

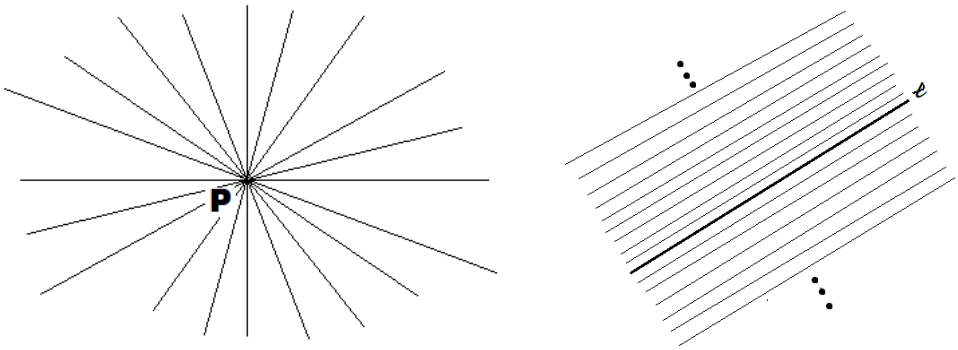
Sonuç : Bir afin düzlem en az 4 nokta içerir. (Hartshorne, 1967)

Tanım : A afin düzlemde ℓ ve m iki doğru olsun. Eğer $\ell = m$ veya $\ell \cap m = \emptyset$ ise ℓ ve m doğrularına **paralel** iki doğru denir. (Hartshorne, 1967)

Önerme : Afin düzlemde doğruların Paralellik bağıntısı bir **denklik** bağıntısıdır. (Hartshorne, 1967).

Önerme : Afin düzlemde Paralel olmayan iki doğrunun ancak bir tek ortak noktası vardır. (Hartshorne, 1967).

Tanım : Düzlemde doğruların bir demeti demek, bir P noktasından geçen doğrular ya da verilen bir ℓ doğrusuna paralel olan tüm doğrular demektir. (Hartshorne, 1967)



a) P noktasından geçen doğruların demeti b) verilen bir ℓ doğrusuna parallel doğruların denklik sınıfı olan $[\ell]$ doğru demeti

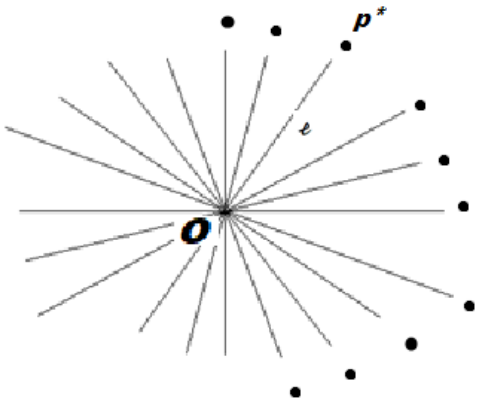
Görsel 1. Doğru demetleri

İdeal Noktalar ve Projektif Düzlemin İnşaası

A afin düzlem verilsin. Şimdi bu verilen afin düzleme sonsuzda bir takım noktalar ilave edilerek afin düzlemin bir anlamda kapanışıyla projektif düzlemi elde edeceğiz.

A nın her bir ℓ doğrusu için ℓ doğrusuna paralel olan doğru demeti bir denklik sınıfı olacağından bu demeti $[\ell]$ ile göstereceğiz. Her bir $[\ell]$ demetine, ℓ yönünde 'ideal nokta ' yada 'sonsuzda bir nokta ' diye adlandıracağımız bir nokta ilave edeceğiz ve bu noktayı P^* , Q^* ,.. gibi sembollerle göstereceğiz. $P^* = [\ell]$ biçiminde yazacağız. Yani her bir doğruya bir ideal nokta ilave ediliyor ancak tüm birbirine paralel olan doğrulara tek bir ideal nokta ilave edilmektedir. Her bir $[\ell]$ demetini yani denklik sınıfını temsilen orjinden geçen ℓ doğrusunu alır ve bu demete sonsuzda ilave edilen ideal noktayı da ℓ doğrusunun sonuna ekleyecek olursak, tüm ideal nokta ilavelerini aşağıdaki gibi sembolik olarak gösterebiliriz:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Afin düzleme İdeal noktaların eklenmesi

Böylece A nın doğrularına ideal noktalar ilave edilerek A nın kapanışını elde etmiş olacağız. Bu yeni kümeyi S ile gösterirsek, S nin noktaları A nın noktaları ile A nın tüm ideal noktalarının birleşimidir. Böylece,

S deki her bir L doğrusu ,

a) A nın bir ℓ doğrusu ile bu ℓ doğrusunun ideal noktası $[\ell] = P^*$ ın toplamıdır. Ya da

b) A nın tüm ideal noktalarından oluşan 'Sonsuzluk doğrusu ' nu içerir.

(Hartshorne, 1967)

Tanım : (Projektif Düzlem):

S noktalardan oluşan bir küme ve onun doğrulardan oluşan alt kümeleri Şu 4 axiomu sağlarsa S-ye projektif düzlem denir:

P1) S-nin iki farklı P ve Q noktaları ancak ve ancak bir tek doğru üzerinde ise.

P2) L_1 ve L_2 herhangi iki doğru , en az bir noktada kesişiyorsa .

P3) En az üç doğrudaş olmayan nokta varsa.

P4) Her doğru en az üç nokta içeriyorsa.

(Hartshorne, 1967)

Önerme : A afin düzlemin kapanışı S bir projektif düzlemdir .

İspat: Bkz.(Şimşek, 2024)

Reel Projektif Düzlem

R^3 sıradan üç boyutlu Öklid uzayı olsun. $\tilde{L}$, R^3 ün O başlangıç noktasından geçen tüm doğrularının kümesi olsun. $\tilde{L}$ nin bir noktası, R^3 ün O başlangıç noktasından geçen bir doğrusu olarak tanımlanır. Aynı şekilde $\tilde{L}$ nin bir doğrusu olarak da, R^3 ün O başlangıç noktasından geçen doğrularının bir kolleksiyonu olarak tanımlanırsa $\tilde{L}$ bir projektif düzlem oluşturur. Bu kümeyi homojen koordinatlar yardımıyla aşağıdaki gibi analitik olarak ifade edebiliriz:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$\tilde{L}$ nin bir noktası O başlangıç noktasından geçen doğru olduğundan bu noktayı P ile gösterirsek P noktası bir ℓ doğrusudur. Her ℓ doğrusunu, doğru üzerinde (0,0,0) dan farklı bir (x_1, x_2, x_3) noktası seçerek göstereceğiz. Buradaki (x_1, x_2, x_3) noktaları P noktasının homojen koordinatlarını ifade edecektir. ℓ üzerindeki başka bir nokta $(\lambda x_1, \lambda x_2, \lambda x_3)$ dir. $(\lambda \in R,\ \lambda \neq 0)$. Böylece $\tilde{L}$, (x_1, x_2, x_3) şeklindeki üçlülerden oluşur öyle ki, x_1, x_2, x_3 lerin hepsi birden aynı anda sıfır olmaz ve herhangi iki üçlü $P = (x_1, x_2, x_3)$ ve $Q = (x_1', x_2', x_3')$ aynı noktayı ifade eder ancak ve ancak P ve Q lineer bağımlı ise ya da $\exists \lambda \in R$ öyleki $x_i' = \lambda x_i$ dir. (i = 1,2,3).

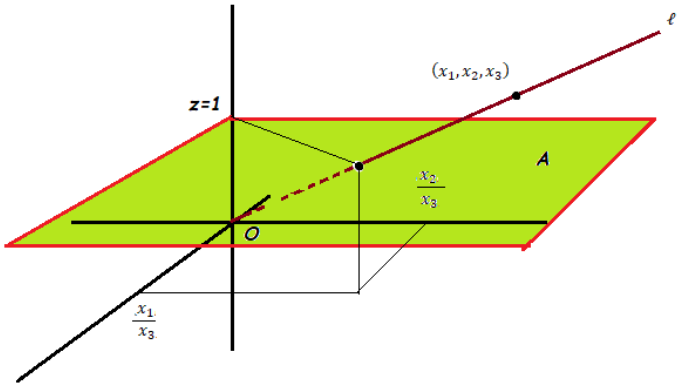
R^3 te O başlangıç noktasından geçen bir düzlemin denklemi

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 = 0$$

dır ve a_i lerin hepsi birden sıfır olmaz. Görülecektir ki bu denklem $\tilde{L}$ nin bir doğrusunun denklemidir.

Tanım : S ve S' iki projektif düzlem olsun. Eğer bir $T: S \longrightarrow S'$ birebir dönüşümü doğrudaş noktaları yine doğrudaş noktalara resmedecek şekilde bulunabilirse S ve S' projektif düzlemlerine **İzomorfik** denir. (Hartshorne, 1967)

Önerme : Homojen koordinatlar yardımıyla yukarıdaki gibi tanımlanan $\tilde{L}$ projektif düzlemi, Öklid geometride Sıradan afin düzlemin kapanışı olarak elde edilen S Projektif düzlemine izomorfiktir. (Hartshorne, 1967)



Görsel 3. Reel Projektif Düzlem

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Projektif Düzlemde Bezier Eğrileri

Bir A afin düzlemin kapanışı olarak alınan S projektif düzlemini göz önüne alalım. Bu bölümde S projektif düzleminde bir Bezier eğrisi tanıtılacak kontrol noktalarının afin nokta ya da

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sonsuzdaki ideal nokta olup olmamasına göre bu eğriler irdelenecek ve reel projektif düzlemde nasıl bir karşılığı oldukları üzerinde durulacaktır.

Lineer Bezier Eğrisi

Kontrol noktaları P_0 ve P_1 olan lineer Bezier eğrisini göz önüne alalım. P_0 ve P_1 noktalarını A afin düzlemin kapanışı olarak ifade ettiğimiz S kümesinden alalım. Burada 3 durum sözkonusu olabilir:

İki Afin Kontrol Noktalı Lineer Bezier Eğrisi

i) P_0 ve P_1 A nın iç noktası ya da afin noktalar olsunlar. Bu dudumda lineer Bezier eğrisinin $t\epsilon[0,1]$ olmak üzere vektörel ifadesi

$$\mathrm{B(t)} = P_0 + t\overrightarrow{P_0P_1}$$

olur. Parametrik karşılığı da klasik olarak

$$\mathrm{B(t)} = (1-t)P_0 + tP_1$$

yazılır. Şimdi P_0 ve P_1 noktalarının reel projektif düzlemde karşılıkları sırasıyla ℓ_0 ve ℓ_1 doğruları olarak alınırsa ve bu doğrular üzerindeki herhangi bir nokta da doğruların temsilcisi olarak alınabileceğinden A afin düzlemdeki $P_i = (P_{i1}, P_{i2})$ noktalarının homojen koordinatı olan $\overline{P}_i = (P_{i1}, P_{i2}, 1)$ noktaları doğruların temsilcisi olarak alınırsa $\mathrm{B(t)}$ kuadratik Bezier eğrisinin reel projektif düzlemde karşılığı $\boldsymbol{B}(t)$ Bezier eğrisi

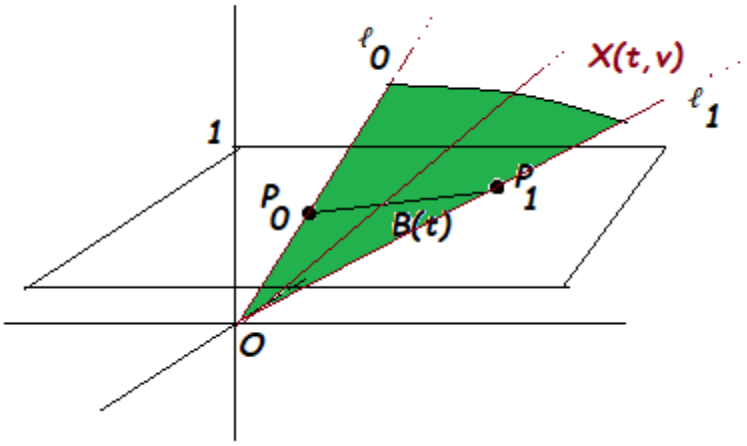
$$\overline{B}(t) = (1-t)\overline{P}_0 + t\overline{P}_1$$

dir. Buradaki $\overline{P}_0$ ve $\overline{P}_1$ noktaları ℓ_0 ve ℓ_1 doğrularının birer temsilcisidir. O halde $\mathrm{B(t)}$ lineer Bezier eğrisinin reel projektif düzlemde karşılığı $X(t,v)$ düzlemsel bir koni yüzeyidir. Bu yüzeyin R^3 teki denklemi ise

$$X(t,v) = v\overline{B}(t) = v\left[(1-t)\overline{P}_0 + t\overline{P}_1\right]$$

biçimindedir. (Görsel 4)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. P_0 ve P_1 afin nokta olması durumunda lineer Bezier Eğrisi

Bir Afin, Bir İdeal Kontrol Noktalı Lineer Bezier Eğrisi

P_0 , A nın iç noktası ya da afin nokta; P_1 ise bir ideal nokta olsun. Bu durumda bir ℓ afin doğrusu vardır ki $P_1 = [\ell]$ dir. Bu halde lineer Bezier eğrisi P_0 dan başlayan ve ℓ ye paralel olan ışındır. Yani, ℓ doğrusunun doğrultmanı $\vec{u}$ ise $t \epsilon R$ olmak üzere lineer Bezier eğrisinin vektörel ifadesi

$\mathrm{B(t)} = P_0 + t\vec{u}$

olur. P_0 ve P_1 noktalarının reel projektif düzlemde karşılıklarını sırasıyla L_0 ve L_1 doğruları olarak alınırsa ve bu doğrular üzerindeki herhangi bir nokta da doğruların temsilcisi olarak alınabileceğinden A afin düzlemdeki $P_0 = (P_{01}, P_{02})$ noktasının homojen koordinatı olan $\bar{P}_0 = (P_{01}, P_{02}, 1)$ noktası L_0 doğrusunun temsilcisi olarak alınır; P_1 de bir ideal nokta olduğundan ℓ doğrusunun eğimi $m = \infty$ ise P_1 in reel projektif düzlemdeki karşılığını $\bar{P}_1 = (0,1,0)$ noktasından geçen orjin çıkışlı doğru olarak ve temsilcisini de olarak $\bar{P}_1$ noktası olarak alırsak; eğer ℓ doğrusunun eğimi m, ∞ dan farklı ise P_1 in reel projektif düzlemdeki karşılığını $\bar{P}_1 = (1, m, 0)$ noktasından geçen orjin çıkışlı doğru olarak ve temsilcisini de $\bar{P}_1$ noktası olarak alırsak; $\mathrm{B(t)}$ lineer Bezier eğrisinin reel projektif düzlemde karşılığı $X(t, v)$ düzlemsel bir koni yüzeyidir. Bu yüzeyin R^3 teki denklemi ise

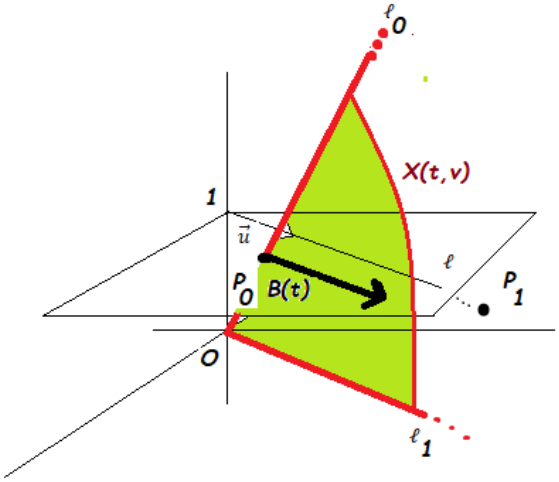
$$X(t, v) = v\bar{\boldsymbol{B}}(t) = v[(1-t)\bar{P}_0 + t\bar{P}_1]$$

biçimindedir. Burada

$$\bar{\boldsymbol{B}}(t) = (1-t)\bar{P}_0 + t\bar{P}_1$$

dir. Bu ise $X(t, v)$ düzlemsel bir koni yüzeyinin dayanak eğrisi olan bir Bezier eğrisidir. (Görsel 5)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 5. P_0 afin nokta, P_1 ideal nokta olması durumunda lineer Bezier Eğrisi

İki İdeal Kontrol Noktalı Lineer Bezier Eğrisi

P_0 ve P_1, S nin sonsuzdaki ideal noktaları olsun. Bu durumda ℓ_0 ve ℓ_1 afin doğruları vardır ki $P_0 = [\ell_0]$ ve $P_1 = [\ell_1]$ dir. Bu halde lineer Bezier eğrisi P_0 ve P_1 den geçen sonsuzluk doğrusu üzerindeki doğru parçasıdır. Yani P_0 ve P_1, S nin elemanları olduğundan lineer Bezier eğrisi

$$\mathrm{B(t)} = (1-t)P_0 + tP_1$$

yazılabilir. Bu eğri afin olmayan sonsuzda bir eğridir. Yani sonsuzluk doğrusunun üzerindedir. Bu eğrinin reel projektif düzlemdeki karşılığı için P_0 ve P_1 noktalarının reel projektif düzlemde karşılıklarını sırasıyla L_0 ve L_1 doğruları olarak alırsak, L_0 ve L_1 doğruları z = 0 düzleminde ve sırasıyla ℓ_0 ve ℓ_1 doğrularıyla aynı eğime sahip doğrulardır. ℓ_0 ve ℓ_1 doğrularının eğimleri sırasıyla m_0 ve m_1 ise L_0 ve L_1 doğruları üzerindeki noktalar Q_0 ve Q_1 olmak üzere;

$m_0 = \infty$ ve $m_1 \neq \infty$ ise $Q_0 = (0,1,0)$ ve $Q_1 = (1, m_1, 0)$

$m_0 \neq \infty$ ve $m_1 = \infty$ ise $Q_0 = (1, m_0, 0)$ ve $Q_1 = (0,1,0)$

$m_0 \neq \infty$ ve $m_1 \neq \infty$ ise $Q_0 = (1, m_0, 0)$ ve $Q_1 = (1, m_1, 0)$

alınabilir. O halde B(t) lineer Bezier eğrisinin reel projektif düzlemde karşılığı $X(t,v)$ düzlemsel bir koni yüzeyidir. Bu yüzeyin dayanak eğrisi $\bar{\mathbf{B}}$(t) Bezier eğrisi

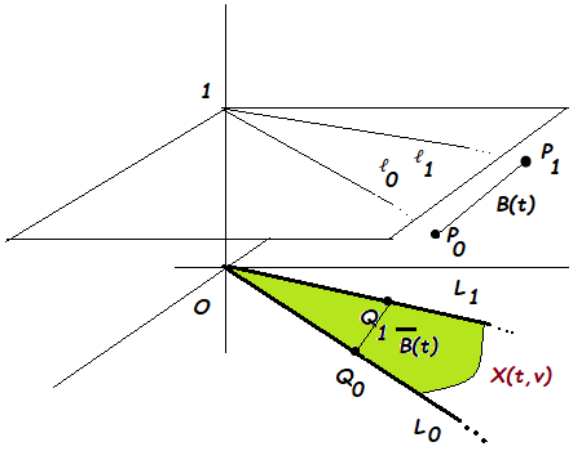
$$\bar{\boldsymbol{B}}(t) = (1-t)Q_0 + tQ_1$$

dir. Bu yüzeyin R^3 teki denklemi ise

$$X(t,v) = v\bar{B}(t) = v[(1-t)Q_0 + tQ_1]$$

biçimindedir. (Görsel 6)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. P_0 ve P_1 ideal nokta olması durumunda lineer Bezier Eğrisi

KAYNAKÇA

1. Farin, G. *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design A Practical Guide*, 2nd edition, Academic Press Inc., San Diago, 1990
2. Farouki, R. Exact offset procedures for simple solids. Computer Aided Geometric Design, 2 (4), 257-279, 1985.
3. Hacısalihoglu, H. H. *İki ve Üç Boyutlu Uzaylarda Dönüşümler ve Geometriler*, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü Yayınları, Ankara, 1998.
4. Hoschek, J. Offset curves in the plane, Computer Aided Design, 17 (2) , 77-82, 1985.
5. Hartshorne, R. *Foundations of Projective Geometry*, W.A. Benjamin, Inc.. Newyork , 1967
6. İncesu, M. *Bezier Eğrileri, Bezier Yüzeyleri ve Sayısal Algoritmalar*, Yük. Lis. Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon, 2003
7. Incesu, M. ve Gursoy, O. *Bezier Yüzeylerinde Esas Formlar ve eğrilikler*, XVII Ulusal Matematik Sempozyumu, 146-157, Bolu, 2004.
8. Ören, İ., ve İncesu, M. Recognition of complex polynomial Bezier curves under similarity transformations, Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics, 69(2), 1377-1388, 2020.
9. Potmann, H. Rational curves and surfaces with rational offsets, Computer Aided Geometric Design, 12, 175-192, 1995.
10. Samanci, H. K., Celik, S. ve İncesu, M. The Bishop frame of Bézier curves. Life Sci. J, 12(6), 175-180, 2015.

11. Samancı, H. K., Incesu, M. Investigating a quadratic Bezier curve due to NCW and N-Bishop frames. Turkish Journal of Mathematics and Computer Science, 12(2), 120-127, 2020.
12. Samanci, H. K. The Serret Frenet Frame of the Rational Bezier Curves in the Euclidean -3 Space by Algorith Method, Journal of Science & Arts, 21(3),721- 748, 2021.
13. Şimşek, M. *Projektif Düzlemde Bezier Eğrileri*, Yük. Lis. Tezi, Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muş, 2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BAKIR OKSİT İÇEREN BİYOAKTİF CAM PARTİKÜLLERİNİN SOL-JEL YÖNTEMİ İLE HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Prof. Dr. Aylin M. DELİORMANLI
Manisa Celal Bayar Üniversitesi,
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
aylin.deliormanli@cbu.edu.tr
ORCID ID:0000-0001-7877-7635

ÖZET

Biyoaktif camlar yumuşak ve sert doku mühendisliği uygulamalarında ayrıca diş hekimliğinde kullanılan yenilikçi biyomalzemelerdir. Bu çalışmada yumuşak doku yaralanmalarının ve gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmak üzere bakır (II) oksit içeren (ağırlıkça %1, 3, 5) silikat bazlı 13-93 biyoaktif cam partikülleri sol-jel yöntemi ile sentezlenmiş ve hazırlanan tozlar 625 °C'de 4 saat kalsine edilmiştir. Sentezlenen tozların yapısal özellikleri, yapay vücut sıvısı (SBF) ve fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu içerisindeki biyoaktivitesi X-ışınları difraksiyonu (XRD) ve Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometre (FTIR) incelenmiş ayrıca yapay mide sıvısında (SGF) bekletilen örneklerin neden olduğu pH değişimi gözlenmiştir. Sonuçlar, çalışma kapsamında sentezlenen biyoaktif cam tozlarının amorf yapıda olduğunu ve ortalama tane boyutunun 3.70 ile 4.60 µm aralığında olduğunu göstermektedir. SBF ve PBS içerisinde 7, 14 ve 28 gün bekletilen biyoaktif cam tozlarının yüzeyinde hidroksiapatit (HA) oluşumu gerçekleştiği tespit edilmiştir. In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, bakır (II) oksit ilavesinin HA oluşumunu indüklediği ve fizyolojik sıvılar içerisinde bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde 7 günden itibaren HA oluştuğu anlaşılmıştır. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen SBF, PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir. İçerisinde biyoaktif cam partikülleri bekletilen fizyolojik sıvılar içerisinde pH değerlerindeki en yüksek artışın PBS'de olduğu anlaşılmış, 5%Cu^{2+} içeren biyoaktif cam tozlarının, katkısız cam partiküllerine göre SGF'nin pH değerini daha hızlı yükselttiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif cam, bakır (II) oksit, sol-jel, yumuşak doku mühendisliği, gastrointestinal sistem.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Biyoaktif camlar, doku mühendisliği ve diş hekimliği uygulamalarında başarıyla kullanılan, biyouyumlu, biyolojik olarak parçalanabilir, çok işlevli inorganik cam malzeme sınıfıdır. Biyoaktif camların osteojenik özellikler göstermesinin yanı sıra anjiyojenik ve antibakteriyel olduğu da bilinmektedir. İlk kez Hench vd tarafından 1971 yılında geliştirilen 45S5 bioglass® kodlu cam, silikat bazlı bir biyomalzemedir. Biyoaktif camlar yüksek osteointegrasyon yeteneğine sahip olup, 45S5 bioglass® (Na_2O–CaO–SiO_2–P_2O_5), 70S30C (CaO–SiO_2) ve bunun dışında farklı kompozisyonlarda üretilebilirler [1-5]. Bunun yanında biyoaktif cam kompozisyonları düşük miktarlarda demir, gümüş, potasyum ya da çinko gibi farklı terapötik elementler de içerebilir [6].

Kemik doku mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan biyoaktif camların yumuşak doku onarımı veya rejenerasyon mekanizmaları hakkında literatürde yayınlanmış çalışmalar bulunmaktadır [7, 8]. Ma vd. [9] tarafından yapılan bir çalışma, biyoaktif camın çözünme ürününün, etanol ile hasar görmüş GES-1 insan mide mukoza epitel hücrelerinin 48 ve 72 saat sonra çoğalmasını hızlandırdığını göstermiştir. Biyoaktif camlar fizyolojik ortam ile temas ettiğinde, sıvıdaki hidrojen ile camdaki sodyum arasındaki iyon değişimi tetiklenmektedir. Bu durum, mide pH'sının artmasına ve biyoaktif camların lokal anti-asit olarak davranmasına neden olabilir. Kalsiyum ve silikon gibi iyonlar biyoaktif camdan çevre dokuya salınmakta ve silikaca zengin poroz bir tabaka oluşturmakta, ardından cam yüzeyinde HA oluşumu gerçekleşmektedir. Ayrıca, bu silikaca zengin tabaka ve HA tabakası, cam yüzeyinde yara yüzeyine bağlanmak için büyük bağlama siteleri oluşturmaktadır [7]. Bu durum ülser oluşumuna karşı bir bariyer ve ülserojenler tarafından daha fazla hasara karşı koruyan bir koruyucu tabaka oluşturabilir.

Diğer yandan bazı terapötik elementlerin yara iyileşmesi ve peptik ülser tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir. Bu terapötik elementleri içeren biyoaktif camların gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde daha etkin bir rol oynaması söz konusudur. Literatürde, yara iyileşmesinde etkili bir ajan olan Cu^{2+} katkılı biyoaktif camların yumuşak doku mühendisliği uygulamaları üzerine de çalışmalar bulunmaktadır [10-13]. Bu nedenle, Cu^{2+} katkılı biyoaktif camlar, gastrointestinal sistem hastalıklarının tedavisinde umut verici bir potansiyele sahip olabilir. Bakırın anti-enflamatuar, antibakteriyel ve anjiyojenik özellikleri, bu malzemelerin mide ülseri tedavisindeki etkinliğini arttıracağı düşünülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Biyoaktif Cam Sentezi

Çalışma kapsamında CuO katkılı silikat bazlı 13-93 biyoaktif cam ($6Na_2O$, $12K_2O$, $5MgO$, $20CaO$, $4P_2O_5$, $53SiO_2$; ağırlıkça %) tozları sol-jel yöntemi ile sentezlenmiştir [14]. Silikat bazlı 13-93 camların sentezi için başlangıç malzemeleri olarak tetraetil ortosilikat, trietil fosfat, sodyum nitrat, potasyum nitrat, magnezyum nitrat hegzahidrat, kalsiyum nitrat tetrahidrat (Sigma-Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. Cu^{2+}-içeren biyoaktif camların sentezinde ek olarak bakır (II) nitrat trihidrat (Sigma-Aldrich, Almanya) kullanılmış olup, biyoaktif camlar 1, 3, 5% ağırlıkça CuO içerecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan cam solüsyonları oda sıcaklığında bekletilerek jelleşme sağlanmış ardından 60 °C sıcaklıkta 24 saat yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Bunu 60 °C' de kurutma işlemi takip etmiş, ardından kurutulmuş jeller hava ortamında 625 °C' de 4 saat kalsine edilmiştir. Elde edilen biyoaktif cam parçaları planeter değirmende (Fritsch Planetary Mill) 700 rpm'de 10 dakika öğütülerek boyut küçültmeişlemi yapılmıştır. Çalışma kapsamında sentezlenen biyoaktif cam tozlarının kompozisyon bilgileri Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada sentezlenen biyoaktif cam tozlarının kompozisyon bilgisi (ağırlıkça%).

Kod	SiO_2	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	P_2O_5	CuO
BG	53	20	12	6	5	4	0
1Cu-BG	52	20	12	6	5	4	1
3Cu-BG	50	20	12	6	5	4	3
5Cu-BG	48	20	12	6	5	4	5

2.2. Karakterizasyonlar

Biyoaktif cam tozların tane büyüklüğü, tane boyutu ölçüm cihazı (Malvern, Mastersizer 3000, UK) ile, yapısal özellikleri FTIR-ATR spektrometresi (Thermo Scientific-Nicolet, IS20) ile 525 ile 4000 cm^{-1} dalga boyu aralığında, ve kristalizasyon davranışı X-ışını difraktometre (XRD, Malvern Panalytical Empyrean) kullanılarak incelenmiştir.

In vitro biyoaktivite deneyleri yapay vücut sıvısı (SBF) ve fosfat tamponlu salin solüsyonu (PBS) içerisinde gerçekleştirilmiştir. SBF, Kokuko vd. [15] tarafından belirtilen yönteme göre hazırlanmıştır. PBS hazırlamada NaCl, KCl, Na_2HPO_4 ve KH_2PO_4 kullanılmıştır. Sentezlenen katkısız 13-93 ve Cu^{2+} katkılı 13-93 cam tozları, pH'sı 7.4 olan SBF ve PBS içine konularak (1 gr örnek için 500 ml SBF ya da PBS olacak şekilde) inkübatörde 37 °C' de belirli süreler (7, 14, 28 gün) bekletilmiştir. SBF ve PBS'den çıkarılan örneklerin yüzeyinde HA oluşumu FTIR spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca içerisine örnek konulan SBF, PBS ve yapay

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

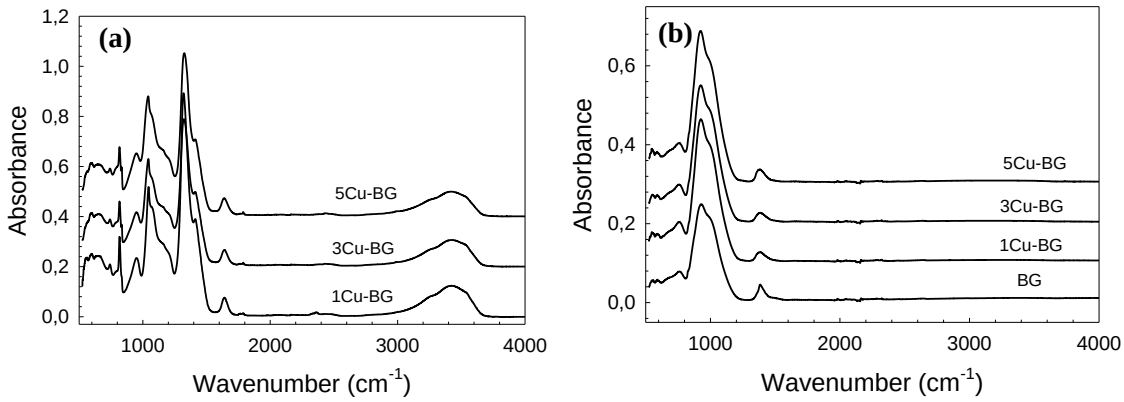
mide sıvısının (SGF, pepsinsiz, NaCl ve HCl ile hazırlanmıştır) pH değişimi 0.01 pH çözünürlüklü bir pH metre (Hanna HI 2211) ile takip edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada sol-jel yöntemi ile biyoaktif cam hazırlama sırasında çekilen ve sentez aşamalarını gösteren fotoğraflar Görsel 1'de verilmektedir. Buna göre hazırlanan sollerin jelleştiği ve kurutma sonrası kserojeller oluştuğu anlaşılmaktadır. Hazırlanan kserojellerin kalsinasyon öncesi ve 625 °C'de yapılan kalsinasyon işlemi sonrasındaki FTIR spektrumları Görsel 2'de gösterilmektedir.



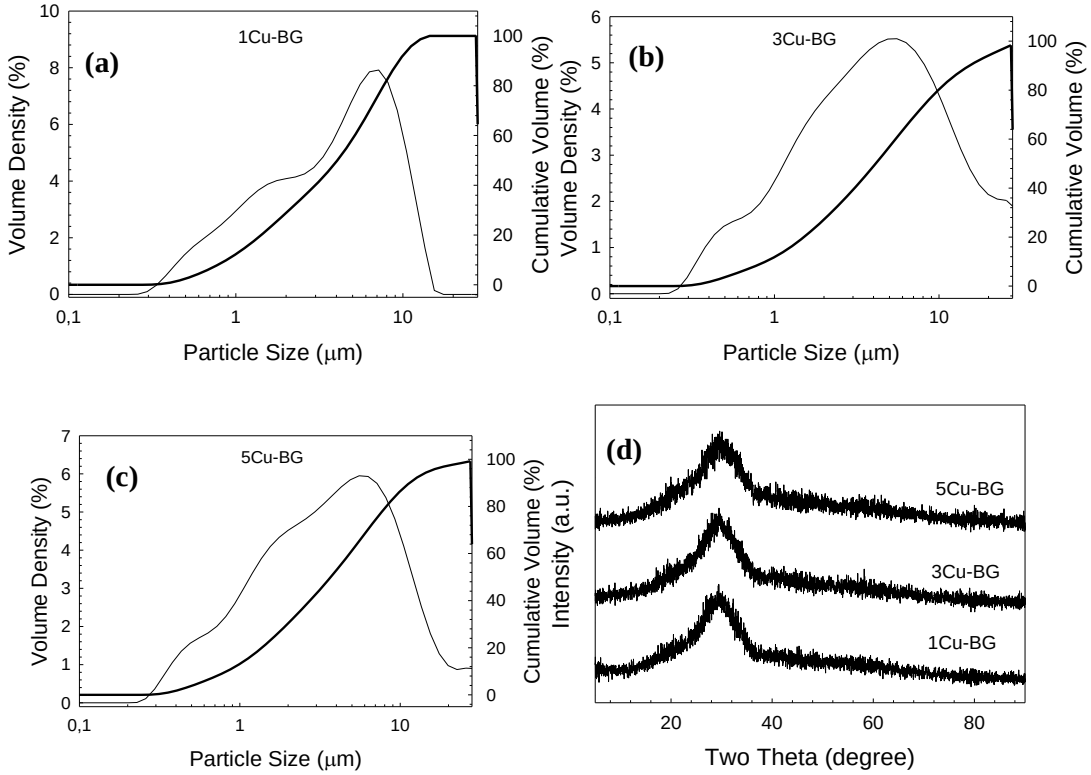
Görsel 1. Proje kapsamında hazırlanan CuO-içeren 13-93 biyoaktif cam tozlarının sentez aşamalarını gösteren fotoğraflar.



Görsel 2. Sentezlenen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının (a) kalsinasyon öncesi ve (b) kalsinasyon sonrasındaki FTIR spektrumları.

Buna göre kalsinasyon öncesinde örneklerin FTIR spektrumunda ~1049 cm^{-1} dalga boyunda ν_1, simetrik NO gerilmesi, ~830 cm^{-1} dalga boyunda ν_2, düzlem dışı sallanma (rocking) ve ~1370 cm^{-1} dalga boyunda antisimetrik N–O gerilme bandının olduğu anlaşılmaktadır [16]. Diğer yandan kalsine edilen örneklerde 900-1000 cm^{-1} dalga boyunda asimetrik Si-O gerilme bandının [17] var olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç Si-OR grupları arasında başarılı bir kondenzasyon reaksiyonu gerçekleştiğini ve kalsinasyon işlemi sonrasında başlangıç malzemelerinden gelen nitrat gruplarının termal dekompozisyon sonucu metal oksitler oluşturduğunu kanıtlamaktadır.

Diğer yandan hazırlanan biyoaktif cam tozlarının tane boyut dağılımı grafikleri ve XRD desenleri Görsel 3'de verilmektedir. Buna göre sentezlenen biyoaktif cam tozlarının geniş bir tane boyut dağılımına sahip olduğu ve tane boyutu analiz cihazı ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre cam tozlarının d_{50} tane boyutunun eklenen Cu^{2+} miktarına bağlı olarak 3.69 µm ile 4.60 µm arasında olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2). Ayrıca uygulanan kalsinasyon işleminin camlarda herhangi bir kristal faz oluşumuna neden olmadığı XRD analiz sonuçlarından görülmektedir. Örneklerin XRD paternlerinde yaklaşık 30°'de (2θ) yer alan düşük şiddetli geniş pik SiO_2 bazlı amorf camların karakteristik desenidir.



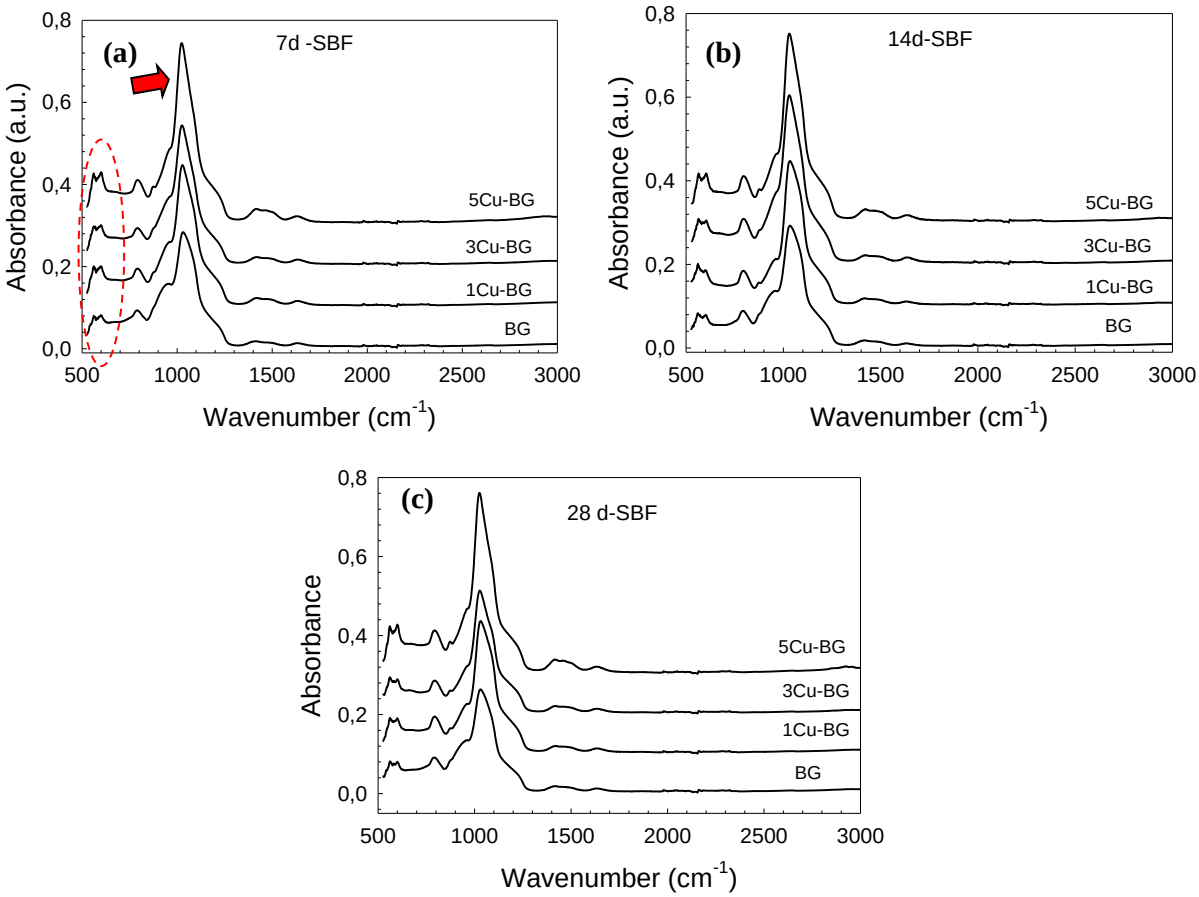
Görsel 3. Sentezlenen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının tane boyut dağılımlarını gösteren grafikler (a) 1Cu-BG, (b) 3Cu-BG, (c) 5Cu-BG, (d) tozların XRD desenleri.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 2. Sentezlenen CuO-katkılı biyoaktif cam tozlarının tane boyutu ölçüm sonuçları.

Kod	d_{10} (µm)	d_{50} (µm)	d_{90} (µm)
BG	0.987	4.60	15.7
1Cu-BG	0.956	4.55	15.1
3Cu-BG	0.887	4.47	14.6
5Cu-BG	0.827	3.69	11.5

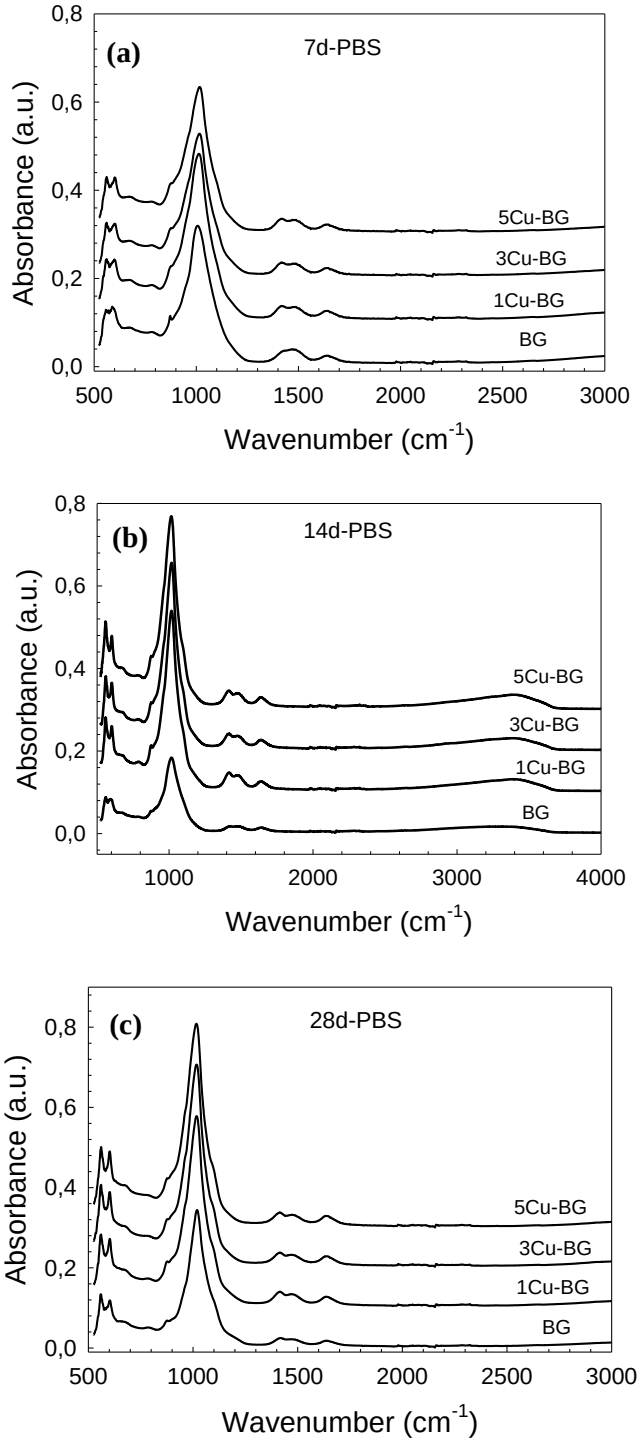
Sentezi yapılan biyoaktif camların SBF ve PBS içerisindeki mineralizasyon davranışı FTIR spektroskopisi ile incelenmiştir (Görsel 4 ve Görsel 5). Buna göre, örneklerin spektrumlarında 560 cm^{-1} ve 604 cm^{-1} civarında ve 980-1120 cm^{-1} aralığında ortofosfat PO_4^{3-} grubuna ait piklerin var olduğu görülmektedir [18]. SBF içerisinde 28 gün bekletilen biyoaktif cam örneklerinde hidroksiapatit (HA) oluşumuna işaret eden, 560 ve 604 cm^{-1} dalga boyundaki piklerin hem katkısız hem de Cu^{2+} içeren biyoaktif cam örneklerinde bulunması sentezi yapılan camların biyoaktif özelliğe sahip olduğunu kanıtlamaktadır.



Görsel 4. SBF içerisinde farklı süreler bekletilen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Diğer yandan 560 ve 604 cm^{-1} civarında görülen çift pik absorbans şiddetinde artan Cu^{2+} miktarı ile birlikte artış gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, bakır (II) ilavesinin sentezlenen biyoaktif camların SBF ve PBS içerisindeki mineralizasyon davranışını arttırdığına işaret etmektedir. PBS içerisinde bekletilen örneklerde HA oluşum hızının daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 5. PBS içerisinde farklı süreler bekletilen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün.

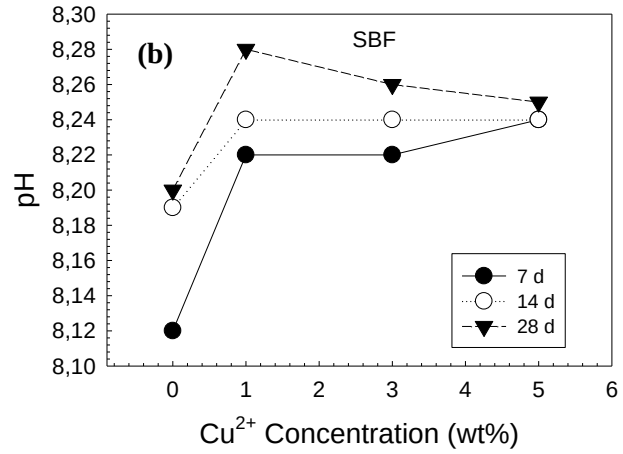
In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, bakır (II) oksit ilavesinin HA oluşumunu indüklediği ve fizyolojik sıvılar içerisinde bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde 7 günden itibaren HA oluştuğu görülmektedir. Çalışma kapsamında hazırlanan fizyolojik sıvıların (SBF, PBS ve SGF) pH değerlerindeki değişimler Görsel 6'da verilmiştir. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen SBF, PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum sentezlenen biyoaktif camların fizyolojik sıvılar ile teması sonucu ortama Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} gibi alkali iyonların salımı sonucu gerçekleşmektedir. İçerisinde biyoaktif cam partikülleri bekletilen fizyolojik sıvılar içerisinde pH değerlerindeki en yüksek artışın PBS'de olduğu anlaşılmış, 5%Cu^{2+} içeren biyoaktif cam tozlarının, katkısız cam partiküllerine göre SGF'nin pH değerini daha hızlı yükselttiği görülmüştür. PBS içerisinde bekletilen örneklerde artan Cu^{2+} katkı miktarı ile birlikte PBS'in pH değerlerinde daha hızlı artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum FTIR analiz sonuçları ile uyumlu olup Cu^{2+} katkısının camların çözünme davranışını hızlandırdığı buna bağlı olarak da biyoaktivitenin arttığı sonucuna varılmıştır.

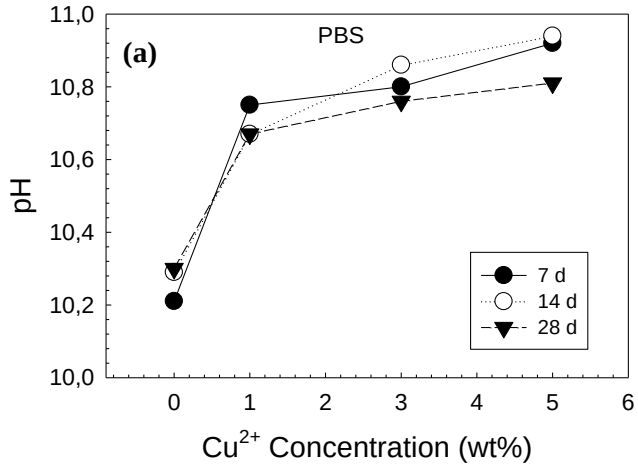
Diğer yandan sentezlenen biyoaktif camların fizyolojik sıvılarda neden olduğu pH yükselmesi ayrıca ilgili sıvılarda alkali iyon konsantrasyonunun artışına bağlı olarak gerçekleşen osmotik basınç yükselmesinin ilgili biyoaktif camların kullanıldığı sistemlerde antibakteriyel etki gözlenmesine neden olduğu konu üzerine yapılan geçmiş çalışmalarda yer almaktadır. Zhang vd [19] tarafından yapılan bir çalışma farklı kompozisyonlara sahip bioaktif cam tozlarının pek çok aerobik bakteri üzerinde yüksek konsantrasyonlarda (100 mg/mL) kullanıldığında oldukça güçlü antibakteriyel etki gösterdiğini raporlamıştır. Wu vd. [20] tarafından yapılan bir çalışmada ise Cu-içeren mezogözenekli biyoaktif camların anjiyogenez kapasitesi ve antibakteriyel aktiviteye (*E.Coli*) sahip olduğu ifade edilmiştir.

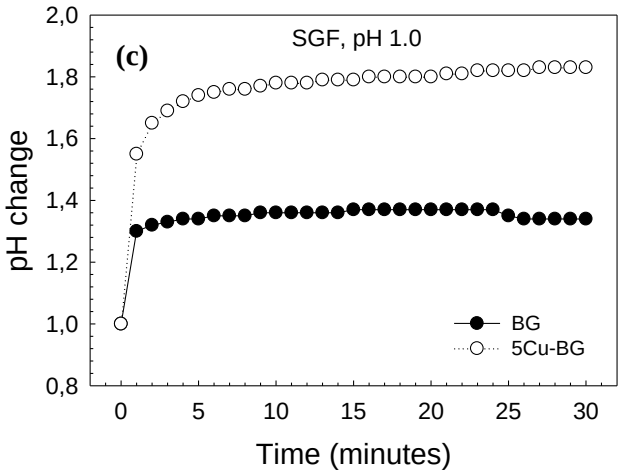
Diğer yandan, Helicobacter pylori (*H. pylori*), insan mide mukozasına bağlanan spiral şekilli bir Gram-negatif bakteri patojenidir. Yapılan araştırmalar bu bakterinin, atrofik gastrit, kronik gastrit, mide ülseri, duodenum ülseri, mukoza ile ilişkili lenfoid doku lenfomaları, mide kanseri ve adenokarsinomlar gibi insan gastrointestinal rahatsızlıklarıyla güçlü bir şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur [21]. Elmehbad vd [21] tarafından yapılan bir çalışma CuO nanopartikülleri içeren kitosan bazlı kompozitlerin anti-*H.pylori* aktivitesi gösterdiğini raporlamışlardır. Chen vd. [22] tarafından yapılan bir çalışma da kötü huylu kanser hücre

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hatlarının canlılığının CuO nanopartikül@nişasta varlığında doza bağlı olarak azaldığını göstermiştir. Klinik çalışmadan sonra, CuO nanopartikül@nişasta bazlı sistemlerde insanlarda mide, pankreas ve kolon kanserlerinin tedavisinde etkili bir ilaç olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir. Bu nedenle mevcut çalışma kapsamında sentezlenen CuO içeren biyoaktif camların gastrik ülser sonucu oluşan yumuşak doku hasarının ve gastrointestinal sistem hastalıklarının tedavisinde kullanılma potansiyellerinin olabileceği sonucuna varılmıştır.







Görsel 6. İçerisinde CuO-katkılı biyoaktif cam tozları bekletilen fizyolojik sıvıların pH değerlerindeki değişimi gösteren grafikler (a) SBF , (b) PBS, (c) SGF.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışma kapsamında sol-jel yöntemi ile CuO katkılı 13-93 biyoaktif tozları sentezlenerek karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar hazırlanan biyoaktif cam tozlarının amorf yapıda olduğunu ve ortalama tane boyutunun 3.70 ile 4.60 µm aralığında olduğunu göstermektedir. SBF ve PBS içerisinde 7, 14 ve 28 gün bekletilen biyoaktif cam tozlarının yüzeyinde HA oluşumu gerçekleştiği görülmüştür. In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, CuO ilavesinin HA oluşumunu indüklediği ve fizyolojik sıvılar içerisinde bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde 7 günden itibaren HA oluştuğu anlaşılmıştır. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen SBF, PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir. İçerisinde biyoaktif cam partikülleri bekletilen fizyolojik sıvılar içerisinde pH değerlerindeki en yüksek artışın PBS'de olduğu anlaşılmış, 5%Cu^{2+} içeren biyoaktif cam tozlarının, katkısız cam partiküllerine göre SGF'nin pH değerini daha hızlı yükselttiği görülmüştür. Çalışma kapsamında sentezlenen malzemelerin bulundukları fizyolojik ortamda pH artışına bağlı olarak antibakteriyel özellik gösterebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında AGS mide hücre hattı kullanılarak ilgili biyoaktif cam örnekelerine ait in vitro sitotoksisite çalışmaları ve antibakteriyel aktivite testleri devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 223M255 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü yazar TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunar.

KAYNAKÇA

[1]. Hench, L. L., Splinter, R. J., Allen, W. C., & Greenlee, T. K., Jr. Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials. Journal of Biomedical Materials Research, 2, 117-141, 1971.

[2] . Rahaman, M. N., Day, D. E., Bal, B. S., Fu, Q., Jung, S. B., Bonewald, L. F. Bioactive glass in tissue engineering, Acta Biomaterialia, 7(6), 2355-2373, 2011.

[3]. Zhu, Y., Li, X., Yang, J., Wang, S., Gao, H., Hanagata, N. Composition–structure–property relationships of the $CaO–M_xO_y–SiO_2–P_2O_5$ (M = Zr, Mg, Sr) mesoporous bioactive glass (MBG) scaffolds, Journal of Materials Chemistry, 21(25), 9208-9218, 2011.

[4]. Zhu, Y., Zhang, X., Chang, G., Deng, S., Chan, H.F. Bioactive Glass in Tissue Regeneration: Unveiling Recent Advances in Regenerative Strategies and Applications. Advanced Materials, 2312964, 2024.

[5]. Zhao, S., Zhang, J., Zhu, M., Zhang, Y., Liu, Z., Ma, Y., Zhu, Y., Zhang, C. Effects of functional groups on the structure, physicochemical and biological properties of mesoporous bioactive glass scaffolds, Journal of Materials Chemistry B, 3(8), 1612-1623, 2015.

[6]. Gerhard, L.-C., Boccaccini, A. R. Bioactive glass and glass-ceramic scaffolds for bone tissue engineering. Materials, 3, 3867-3910, 2010.

[7]. Verrier, S., Blaker, J. J., Maquet, V., Hench, L. L., Boccaccini, A. R. PDLLA/Bioglass® composites for soft-tissue and hard-tissue engineering: an in vitro cell biology assessment, Biomaterials, 25, 3013-302, 2004.

[8]. Zhang, K., Ma, Y., Francis, L. F. Porous polymer/bioactive glass composites for soft to hard tissue interfaces. Journal of Biomedical Materials Research, 61, 551-563, 2002.

[9]. Ma, A. N., Gong, N., Lu, J. M., Huang, J. L., Hao, B., Guo, Y., Zhong, J., Xu, Y., Chang, J., Wang, Y. X. Local protective effects of oral 45S5 bioactive glass on gastric ulcers in experimental animals. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 24, 803-809, 2013.

[10]. Gorustovich, A. A., Roether, J. A., Boccaccini, A. R. Effect of bioactive glasses on angiogenesis: a review of in vitro and in vivo evidences. Tissue Engineering Part B: Reviews, 16(2), 199-207, 2010.

[11]. Mehrabi, T., Mesgar, A. S., Mohammadi, Z. Bioactive glasses: a promising therapeutic ion release strategy for enhancing wound healing, ACS Biomaterials Science and Engineering, 6(10), 5399-5430, 2020.

[12]. Naseri, S., Lepry, W. C., Nazhat, S. N. Bioactive glasses in wound healing: hope or hype? Journal of Materials Chemistry B, 5(31), 6167-6174, 2017.

[13]. Miguez-Pacheco, V., Gorustovich, A. A., Boccaccini, A. R., Roether, J. A. Bioactive glasses for soft tissue engineering applications, in Bioactive Glasses: Fundamentals, Technology and Applications, ed. A. R. Boccaccini, D. S. Brauer, and L. Hupa, The Royal Society of Chemistry, Ch. 15, 336-36, 2016.

[14]. Deliormanlı, A. M., Yildirim, M. Sol-gel synthesis of 13-93 bioactive glass powders containing therapeutic agents, Journal of the Australian Ceramic Society, 52(2), 9–19, 2016.

[15]. Kokubo, T., Takadama, H. How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? Biomaterials, 27, 15, 2907-2915, 2006.

[16]. Mihaylov,M.Y., Zdravkova, V.R., Ivanova, E.Z., Aleksandrov, H.A., Petkov, P.St., Vayssilov, G.N., Hadjiivanov, K.I. Infrared spectra of surface nitrates: Revision of the current opinions based on the case study of ceria, Journal of Catalysis, 394, 245-258, 2021.

[17]. Tran, T., Pham, V.A., Le, P., Nguyen, T., Tran, V. Synthesis of amorphous silica and sulfonic acid functionalized silica used as reinforced phase for polymer electrolyte membrane. Adv. Nat. Sci.: Nanoscience and Nanotechnology, 4, 045007, 2013.

[18]. Timchenko, P.E., Timchenko, E.V., Pisareva,E.V., Yu Vlasov, M., Red'kin, N.A., Frolov, O.O. Spectral analysis of allogeneic hydroxyapatite powders, Journal of Physics: Conference Series, 784, 012060, 2017.

[19]. Zhang, D., Leppäranta, O., Munukka, E., Ylänen, H., Viljanen, M.K., Eerola, E., Hupa, M. and Hupa, L. Antibacterial effects and dissolution behavior of six bioactive glasses. J. Biomed. Mater. Res., 93A: 475-483, 2010.

[20]. Wu, C., Zhou, Y., Xu, M., Han, P., Chen, L., Chang, J., Xiao, Y. Copper-containing mesoporous bioactive glass scaffolds with multifunctional properties of angiogenesis capacity, osteostimulation and antibacterial activity, Biomaterials, 34, 2, 422-433, 2013.

[21]. Elmehbad, N.Y., Mohamed, N.A., Abd El-Ghany, N.A., Abdel-Aziz, M.M. Evaluation of the in vitro anti-inflammatory and anti-Helicobacter pylori activities of chitosan-based biomaterials modified with copper oxide nanoparticles, International Journal of Biological Macromolecules, 253, 127277, 2023.

[22]. Chen, J., Karmakar, B., Salem, M.A., Alzahrani, A.Y., Bani-Fwaz, M.Z., Abdel-Daim,M.M., El-kott, A.F. CuO NPs@Starch as a novel chemotherapeutic drug for the treatment of several types of gastrointestinal system cancers including gastric, pancreatic, and colon cancers, Arabian Journal of Chemistry,15, 4,103681, 2022.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GASTRİK ÜLSER TEDAVİSİNDE KULLANILMAK ÜZERE BARYUM OKSİT İÇEREN BİYOAKTİF CAM PARTİKÜLLERİNİN SOL-JEL YÖNTEMİ İLE SENTEZİ

Prof. Dr. Aylin M. DELİORMANLI
Manisa Celal Bayar Üniversitesi,
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
aylin.deliormanli@cbu.edu.tr
ORCID ID:0000-0001-7877-7635

ÖZET

Biyoaktif camlar doku mühendisliği ve diş hekimliği uygulamalarında başarıyla kullanılan, biyouyumlu, biyolojik olarak parçalanabilir, çok işlevli inorganik cam malzemeler olup fizyolojik sıvılar ile temas ettiğinde yüzeylerinde hidroksiapatit (HA) oluşturma yeteneğine sahiptirler. Bu çalışmada gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmak üzere baryum (II) oksit içeren (ağırlıkça %1, 3, 5) silikat bazlı 13-93 biyoaktif cam partikülleri sol-jel yöntemi ile 2 farklı Ba^{2+} kaynağı (baryum nitrat ve baryum klorür dihidrat) kullanılarak sentezlenmiştir. Hazırlanan biyoaktif cam tozlarının yapısal özellikleri, yapay vücut sıvısı (SBF) ve fosfat tamponlu salin (PBS) solüsyonu içerisindeki biyoaktivitesi X-ışınları difraksiyonu (XRD) ve Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometre (FTIR) ile incelenmiş ayrıca yapay mide sıvısında (SGF) bekletilen örneklerin neden olduğu pH değişimi gözlenmiştir. Sonuçlar, çalışma kapsamında sentezlenen biyoaktif cam tozlarında kristal fazların oluştuğunu ve hazırlanan tozların ortalama tane boyutunun yapıdaki Ba^{2+} miktarı ve kullanılan başlangıç maddesine bağlı olarak 3.46 ile 8.62 µm aralığında değiştiğini göstermektedir. SBF ve PBS içerisinde 7, 14 ve 28 gün bekletilen biyoaktif cam tozlarının yüzeyinde kalsiyum fosfat oluşumu gerçekleştiği görülmüştür. In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, baryum (II) oksit ilavesinin HA oluşum hızını düşürdüğü ancak fizyolojik sıvılar içerisinde 28 gün bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde (SBF'de 5%Ba^{2+} içeren örnekler hariç) HA oluştuğu belirlenmiştir. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif cam, baryum (II) oksit, sol-jel, gastrik ülser, gastrointestinal sistem.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Biyoaktif camlar, fizyolojik sıvılar ile temas ettiklerinde yüzeylerinde karbonatlı hidroksiapatit tabakasının oluşumuyla sağlanan kemiğe güçlü bir şekilde bağlanma yeteneklerine bağlı olarak kemik doku mühendisliği uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özel biyomalzemeler 1971 yılında Florida Üniversitesi'nde Profesör Larry Hench tarafından geliştirilmesinden (45S5 Bioglass) bu yana, diğer biyomalzemelere kıyasla benzersiz biyoaktivitesi, kemik doku yanında insan yumuşak dokularıyla da olan etkileşimi ve biyouyumluluğu nedeniyle ilgi görmüştür [1-4]. İlk geliştirilen biyoaktif cam olan 45S5 dışında bir başka silikat bazlı cam olan 13-93 biyoaktif cam kompozisyonu fizyolojik sıvılar içerisinde K, Mg, Si, Na, Ca iyonlarının sürekli salımını yapmaktadır. Özellikle, son yıllarda yapılan çalışmalar, 13-93 biyoaktif camların magnezyum iyonlarının makrofaj polarizasyonunu ve anjiyogenezi destekleme potansiyelini vurgulamıştır [5]. Bunun yanında farklı biyoaktif cam kompozisyonları düşük miktarlarda demir, gümüş, potasyum ya da çinko gibi farklı terapötik elementler de içerebileceği bilinmektedir [6].

Kemik doku mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan biyoaktif camların yumuşak doku onarımı ve gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanımı üzerine literatürde yayınlanmış çalışmalar bulunmaktadır [7, 8]. Ma vd. [9] tarafından yapılan geçmiş bir çalışma, biyoaktif camın çözünme ürününün, etanol ile hasar görmüş GES-1 insan mide mukoza epitel hücrelerinin 48 ve 72 saat sonra çoğalmasını hızlandırdığını göstermiştir. Biyoaktif camlar fizyolojik ortam ile temas ettiğinde, sıvıdaki hidrojen ile camdaki sodyum arasındaki iyon değişimi tetiklenmektedir. Bu durum, mide pH'sının artmasına ve biyoaktif camların lokal anti-asit olarak davranmasına neden olabilir. Kalsiyum ve silikon gibi iyonlar biyoaktif camdan çevre dokuya salınmakta ve silikaca zengin poroz bir tabaka oluşturmakta, ardından cam yüzeyinde HA oluşumu gerçekleşmektedir. Ayrıca, bu silikaca zengin tabaka ve HA tabakası, cam yüzeyinde dokuya bağlanmak için büyük bağlama siteleri oluşturmaktadır [7]. Bu durum ülser oluşumuna karşı bir bariyer ve ülserojenler tarafından daha fazla hasara karşı koruyan bir koruyucu tabaka oluşturabilir.

Diğer yandan bazı terapötik elementlerin yara iyileşmesi ve peptik ülser tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir [10, 11]. Bu terapötik elementleri içeren biyoaktif camların gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde daha etkin bir rol oynaması söz konusudur. Paliwal vd. [12] %1.3 mol oranında baryum (II) oksit içeren biyoaktif camlar hazırlayarak gastroduodenal ülser modellerindeki anti-ülser potansiyelini değerlendirmiştir. Bu amaçla ilgili biyoaktif camların profilaktik etkisi, etanol, aspirin ve pilor ligasyonu ile indüklenen mide ülseri ile sisteamin ile indüklenen duodenum ülseri modellerinde 5 gün boyunca incelenmiştir. Sonuçlar,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

biyoaktif camların epitelyum hücreleri üzerinde fiziksel bir koruyucu bariyer oluşturduğunu göstermiştir. Pilorikligasyon, etanol ve aspirin modellerinde, Ba^{2+} içeren biyoaktif camlar, mide pH'sını belirgin şekilde arttırmış ve anti-asit benzeri bir aktivite göstermiştir. BaO-katkılı biyoaktif camların kullanımı pilorik modelde hücre proliferasyonunu belirgin şekilde arttırmış böylece, biyoaktif cam, koruyucu bir fiziksel bariyer oluşturarak, asit nötralizasyonu ve hücre proliferasyonu yoluyla anti-ülser etki göstermiştir. Majumdar vd. [13] yayımladıkları bir çalışmalarında Ba^{2+}-içeren (2 mol%) 45S5 biyoaktif camların sıçanlar üzerindeki in vivo sitotoksisitesini incelemişlerdir. Histolojik analiz sonuçları dişi ve erkek sıçanlarda 300 mg/kg dozunda herhangi bir organ toksisitesi olmadığını göstermiştir.

Literatürde yer alan geçmiş çalışmalar, Ba^{2+} katkılı biyoaktif camların, gastrointestinal sistem hastalıklarının tedavisinde umut verici bir potansiyele sahip olabileceğini göstermektedir. Ayrıca 13-93 biyoaktif camların anjiyogenez ve yara iyileşmesini ROS/P53/MMP9 sinyali yolu ile etkilediği bilinmektedir [5]. Bu nedenle bu çalışmada, gastrik ülser tedavisi için baryum (II) içeren silikat bazlı 13-93 biyoaktif camların sol-jel yöntemi ile hazırlanması ve karakterizasyonu amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Baryum (II) içeren Biyoaktif Cam Sentezi

Çalışma kapsamında BaO katkılı silika bazlı 13-93 biyoaktif cam ($6Na_2O$, $12K_2O$, $5MgO$, $20CaO$, $4P_2O_5$, $53SiO_2$; ağırlıkça %) tozları sol-jel yöntemi ile sentezlenmiştir [14]. Silikat bazlı 13-93 camların sentezi için başlangıç malzemeleri olarak tetraetil ortosilikat, trietil fosfat, sodyum nitrat, potasyum nitrat, magnezyum nitrat hegzahidrat, kalsiyum nitrat tetrahidrat (Sigma-Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. Ba^{2+}-içeren biyoaktif camların sentezinde ek olarak baryum nitrat ($Ba(NO_3)_2$) veya baryum klorür dihidrat ($BaCl_2.2H_2O$) kullanılmış olup, biyoaktif camlar 1, 3, 5% ağırlıkça BaO içerecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan cam solüsyonları oda sıcaklığında bekletilerek jelleşme sağlanmış ardından 60 °C sıcaklıkta 24 saat yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Bunu 60 °C' de kurutma işlemi takip etmiş, ardından kurutulmuş jeller hava ortamında 625 °C'de 4 saat kalsine edilmiştir. Elde edilen biyoaktif cam parçaları planeter değirmende (Fritsch Planetary Mill, Pulverisette 7 Premium Line) 700 rpm'de 10 dakika öğütülerek boyut küçültme sağlanmıştır. Çalışma kapsamında sentezlenen biyoaktif cam tozlarının kompozisyon bilgileri Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada sentezlenen biyoaktif cam tozlarının kompozisyon bilgisi (ağırlıkça%).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kod	SiO_2	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	P_2O_5	BaO
BG	53	20	12	6	5	4	0
1Ba-BG	52	20	12	6	5	4	1
3Ba-BG	50	20	12	6	5	4	3
5Ba-BG	48	20	12	6	5	4	5

2.2. Karakterizasyonlar

Çalışma kapsamında sentezlenen biyoaktif camların yapısal özellikleri FTIR-ATR spektrometresi (Thermo Scientific-Nicolet, IS20) ile 525 ile 4000 cm^{-1} dalga boyu aralığında, ve kristalizasyon davranışı X-ışını difraktometre (XRD, Malvern Panalytical EMPYREAN) kullanılarak incelenmiş, tozların tane büyüklüğü, tane boyutu ölçüm cihazı (Malvern, Mastersizer 3000, UK) ile lazer kırınım yöntemi ve Mie Teorisi kullanılarak ölçülmüştür.

In vitro biyoaktivite deneyleri yapay vücut sıvısı (SBF) ve fosfat tamponlu salin solüsyonu (PBS) içerisinde gerçekleştirilmiştir. SBF, Kokuko vd. [15] tarafından belirtilen yönteme göre hazırlanmıştır. PBS hazırlamada NaCl, KCl, Na_2HPO_4 ve KH_2PO_4 kullanılmıştır. Sentezlenen katkısız 13-93 ve Ba^{2+} katkılı 13-93 cam tozları, pH'sı 7.4 olan yapay vücut sıvısı (SBF) ve PBS içine konularak (1 gr örnek için 500 ml SBF olacak şekilde) inkübatörde 37 °C' de belirli süreler (7, 14, 28 gün) bekletilmiştir. SBF ve PBS'den çıkarılan örneklerin yüzeyinde hidroksiapatit (HA) oluşumu FTIR spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca içerisine örnek konulan PBS ve yapay mide sıvısının (SGF, pepsin içermemektedir) pH değişimi pH metre (Hanna HI 2211) ile takip edilmiştir. Yapay mide sıvısı (1000 ml) 2 g sodyum klorür ve 7 ml hidroklorik asit kullanarak hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada sol-jel yöntemi ile biyoaktif cam hazırlama sırasındaki sentez aşamalarını gösteren fotoğraflar Görsel 1'de verilmektedir. Buna göre hazırlanan sollerin jelleştiği ve kurutma sonrası kserojeller oluştuğu anlaşılmaktadır. $Ba(NO_3)_2$ ve $BaCl_2.2H_2O$ kullanılarak sentezlenen camların kalsinasyon sonrası XRD desenleri Görsel 2'de gösterilmektedir. Buna göre, kalsine edilen biyoaktif cam tozlarının XRD desenlerinde kristal fazların oluştuğu görülmektedir. Örneklerin XRD paternlerinde yaklaşık 30°'de (2θ) ye alan düşük şiddetli geniş pik SiO_2 bazlı amorf camların karakteristik desenidir. Bunun dışında kristal yapıda $BaCl_2.2H_2O$ ve BaO fazlarına ait piklerinin [16, 17] olduğu görülmektedir. Hazırlanan kserojellerin kalsinasyon

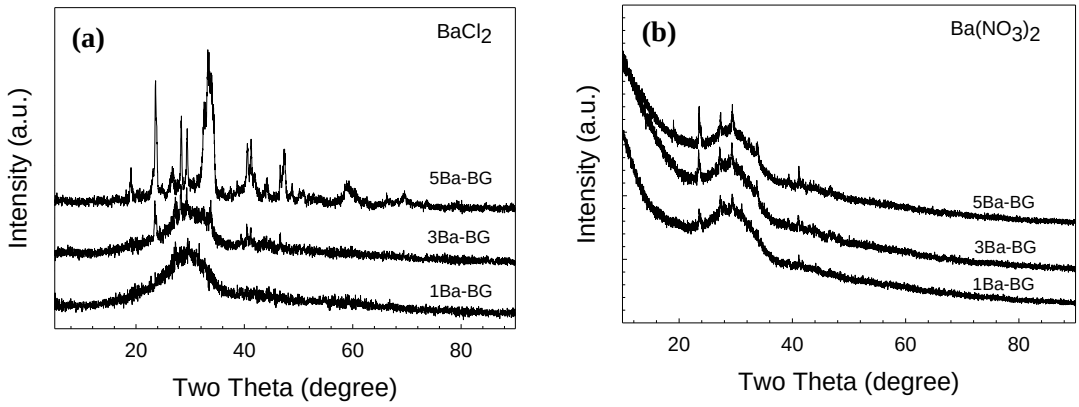
(c)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

öncesi ve 625 °C'de yapılan kalsinasyon işlemi sonrasındaki FTIR spektrumları Görsel 3'de verilmiştir.



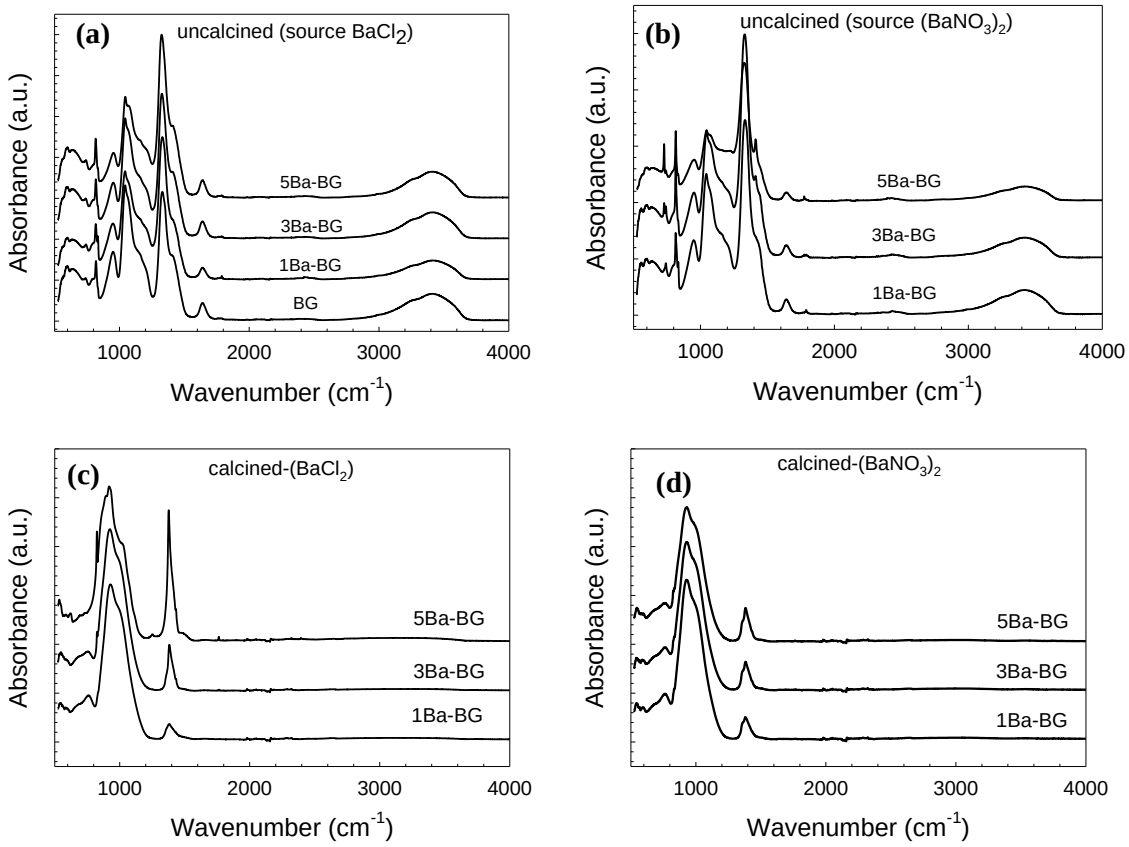
Görsel 1. Proje kapsamında hazırlanan BaO-içeren 13-93 biyoaktif cam tozlarının sentezine ait gösteren fotoğraflar; üst satır $Ba(NO_3)_2$ alt satır $BaCl_2.2H_2O$ kullanılarak hazırlanmıştır.



Görsel 2. Sentezlenen biyoaktif cam tozlarının XRD desenleri (a) $BaCl_2$, (b) $Ba(NO_3)_2$.

Kalsinasyon öncesinde örneklerin FTIR spektrumunda ~1049 cm^{-1} dalga boyunda ν_1, simetrik NO gerilmesi, ~830 cm^{-1} dalga boyunda ν_2, düzlem dışı sallanma (rocking) ve ~1370 cm^{-1} dalga boyunda antisimetrik N–O gerilme bandının olduğu anlaşılmaktadır [18]. Diğer yandan kalsinasyon sonrasında 900-1000 cm^{-1} dalga boyunda asimetrik Si-O gerilme bandının [19] var

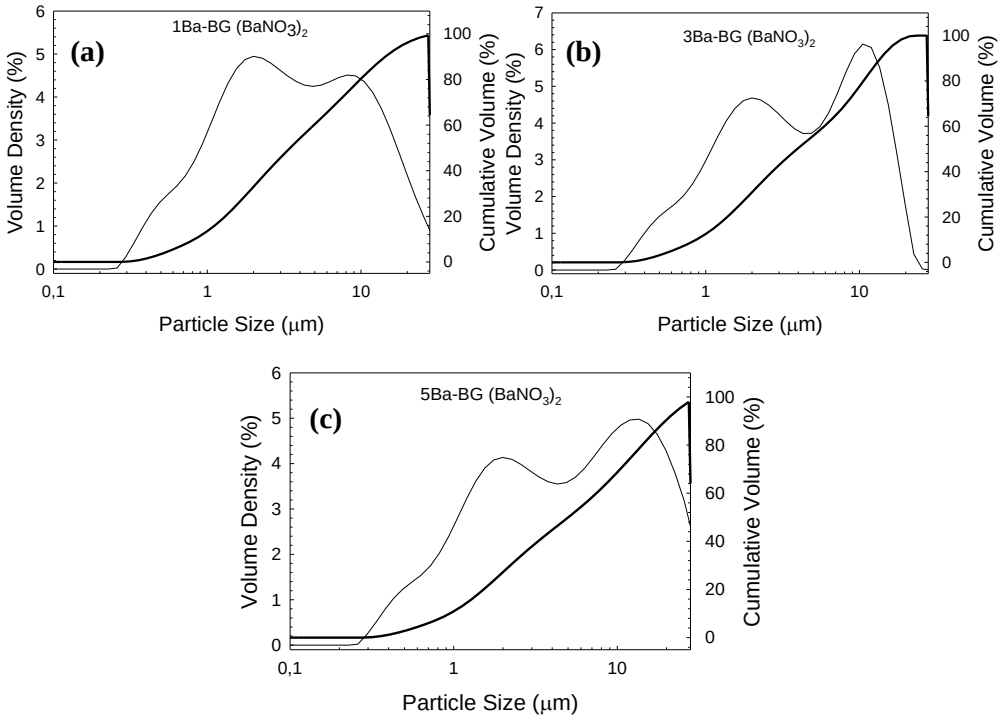
olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç Si-OR grupları arasında başarılı bir kondenzasyon reaksiyonu gerçekleştiğini ve kalsinasyon işlemi sonrasında başlangıç malzemelerinden gelen nitrat gruplarının dekompoze olarak metal oksitler oluşturduğunu kanıtlamaktadır. Sonuçlar, cam sentezinde baryum (II) kaynağı olarak $BaCl_2.2H_2O$ kullanıldığında nitrat gruplarının (~1370 cm^{-1}) kalsinasyon sonucu yapıdan tamamen uzaklaşmadığını göstermektedir.



Görsel 3. Sentezlenen BaO içeren biyoaktif cam tozlarının (a),(b) kalsinasyon öncesi ve (c),(d) kalsinasyon sonrasındaki FTIR spektrumları.

Diğer yandan hazırlanan biyoaktif cam tozlarının tane boyut dağılımı grafikleri Görsel 4'de verilmektedir. Buna göre sentezlenen biyoaktif cam tozlarının bimodal, geniş bir tane boyut dağılımına sahip olduğu ve tane boyutu analiz cihazı ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre cam tozlarının d_{50} tane boyutunun yapıdaki Ba^{2+} miktarı ve kullanılan başlangıç maddesine bağlı olarak 3.46 µm ile 8.62 µm arasında olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2). $BaCl_2.2H_2O$ kullanılarak hazırlanan cam tozlarının tane boyutlarının kristalizasyona bağlı olarak daha büyük olduğu anlaşılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Sentezlenen BaO içeren biyoaktif cam tozlarının tane boyut dağılımlarını gösteren grafikler (a) 1Ba-BG, (b) 3Ba-BG, (c) 5Ba-BG. Ba^{2+} kaynağı olarak $Ba(NO_3)_2$ kullanılmıştır.

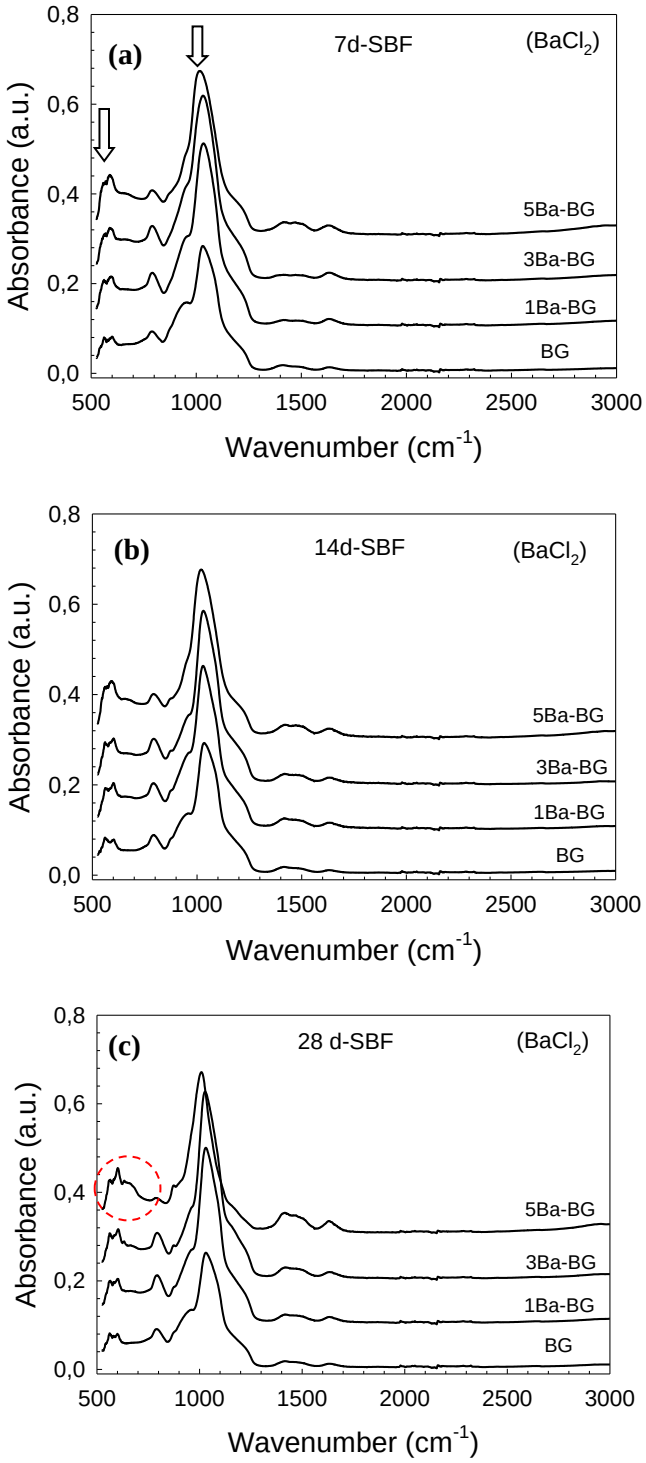
Çizelge 2. Sentezlenen BaO-katkılı biyoaktif cam tozlarının tane boyutu ölçüm sonuçları.

Başlangıç malzeme	Kod	d_{10} (µm)	d_{50} (µm)	d_{90} (µm)
	BG	0.98	4.60	15.7
$BaCl_2.2H_2O$	1Ba-BG	1.06	5.73	24.8
	3Ba-BG	0.99	4.50	22.3
	5Ba-BG	1.38	8.62	23.9
$Ba(NO_3)_2$	1Ba-BG	0.83	3.46	14.4
	3Ba-BG	0.87	3.94	13.7
	5Ba-BG	0.94	5.02	19.7

Sentezi yapılan biyoaktif camların SBF ve PBS içerisindeki mineralizasyon davranışı FTIR spektroskopisi ile incelenmiştir (Görsel 5- Görsel 8). Buna göre, örneklerin spektrumlarında 560 cm^{-1} ve 604 cm^{-1} civarında ve 980-1120 cm^{-1} aralığında ortofosfat PO_4^{3-} grubuna ait piklerin var olduğu görülmektedir [20]. SBF içerisinde 28 gün bekletilen biyoaktif cam örneklerde HA oluşumuna işaret eden, 560 ve 604 cm^{-1} dalga boyundaki piklerin hem katkısız hem de Ba^{2+} içeren biyoaktif cam örneklerinde bulunması sentezi yapılan camların biyoaktif özelliğe sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak $BaCl_2$ kullanılarak hazırlanan cam tozlarında

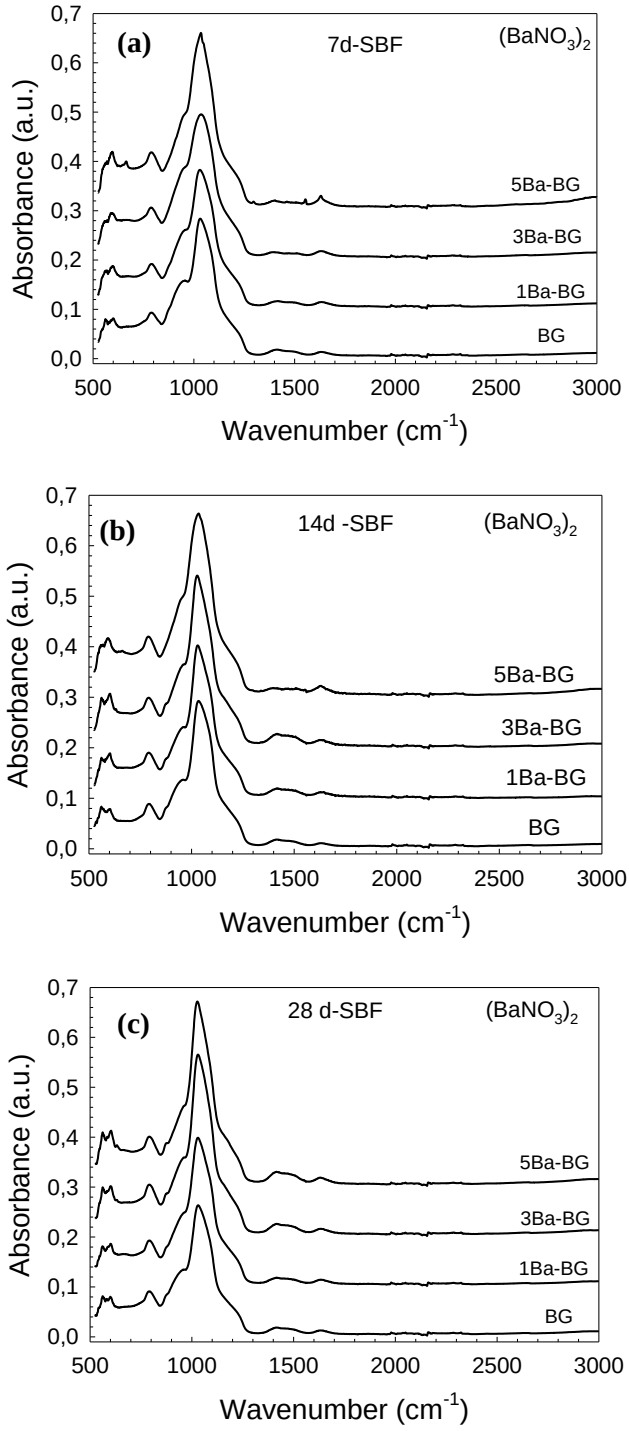
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

5Ba-BG örneğinde 28 gün sonunda hala HA oluşumunun düşük seviyede kaldığı anlaşılmaktadır. $Ba(NO_3)_2$ kullanılarak hazırlanan örneklerde bu durum gözlenmemiş ancak artan Ba^{2+} katkısının HA oluşum hızını olumsuz etkilediği görülmüştür.



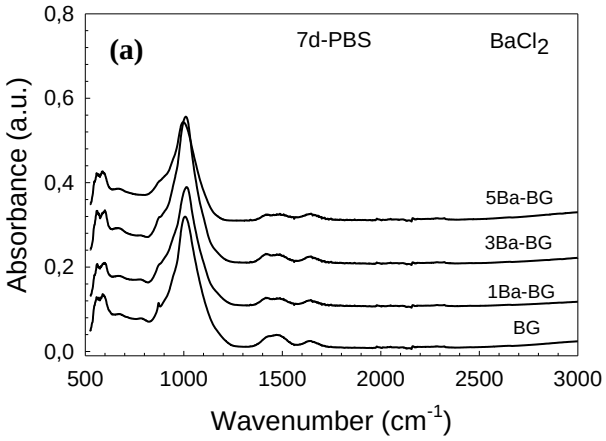
Görsel 5. SBF içerisinde farklı süreler bekletilen BaO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün. Ba^{2+} kaynağı olarak $BaCl_2$ kullanılmıştır. Oklar ortofosfat gruplarını göstermektedir.

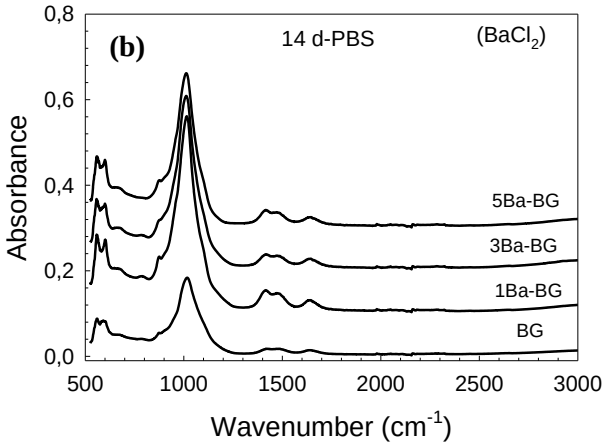
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

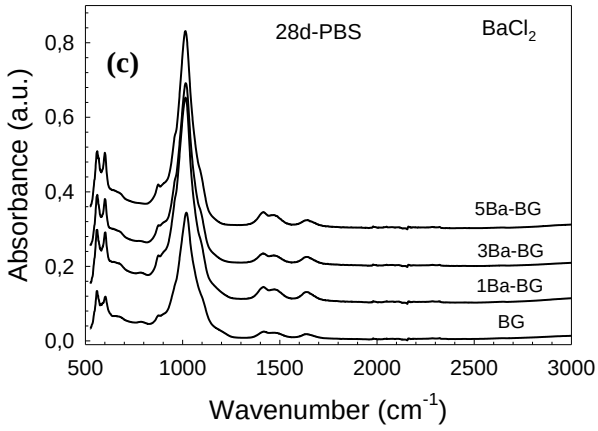


Görsel 6. SBF içerisinde farklı süreler bekletilen BaO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün. Ba^{2+} kaynağı olarak $Ba(NO_3)_2$ kullanılmıştır.

Genel olarak, 560 ve 604 cm^{-1} civarında görülen çift pik absorbans şiddetinde artan Ba^{2+} miktarı ile birlikte bir miktar azalma (5% Ba^{2+} içeriğinde) gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, yüksek miktarda baryum (II) ilavesinin sentezlenen biyoaktif camların SBF ve PBS içerisindeki mineralizasyon davranışını bir miktar düşürdüğünü göstermektedir. PBS içerisinde bekletilen örneklerde HA oluşum hızının daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

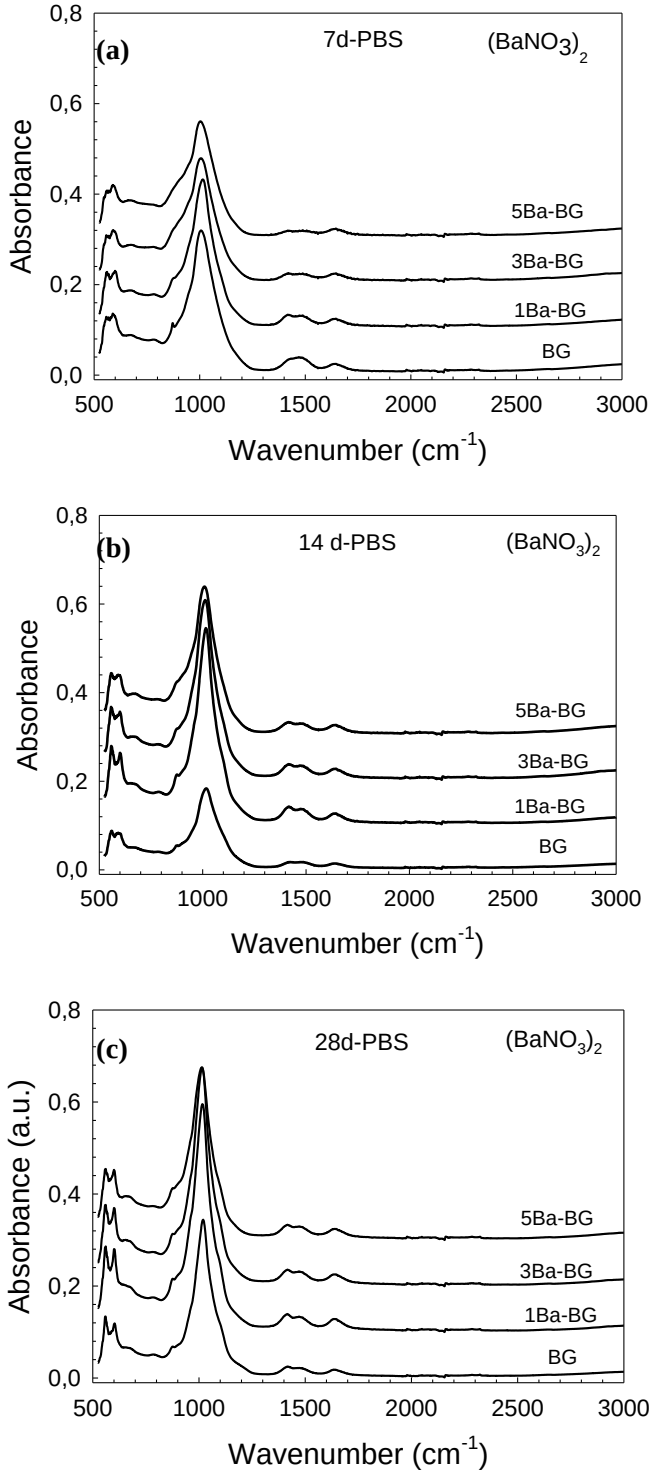






ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 7. PBS içerisinde farklı süreler bekletilen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün. Ba^{2+} kaynağı olarak $BaCl_2$ kullanılmıştır.



Görsel 8. PBS içerisinde farklı süreler bekletilen CuO içeren biyoaktif cam tozlarının FTIR spektrumları (a)7 gün , (b) 14 gün, (c) 28 gün. Ba^{2+} kaynağı olarak $Ba(NO_3)_2$ kullanılmıştır.

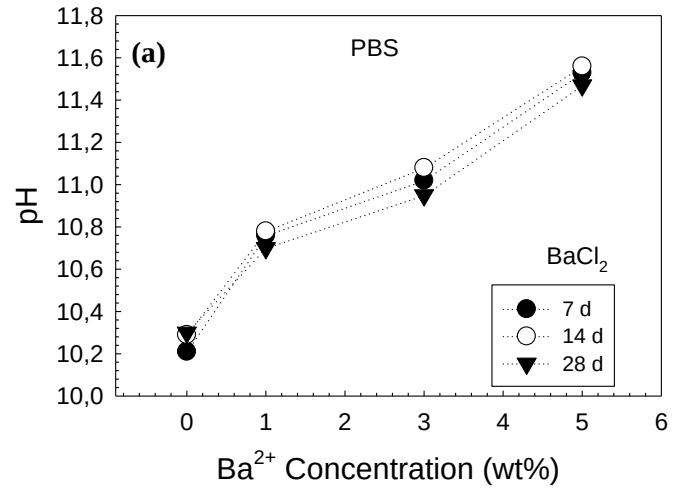
In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, fizyolojik sıvılar içerisinde bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde 7 günden itibaren ortofosfat (PO_4^{3-}) gruplarının ve 28 gün sonunda ise HA (~550-600 cm^{-1}'de bükülme titreşimi P-O gruplarının varlığına bağlı olarak) oluştuğu görülmektedir. Çalışma kapsamında hazırlanan fizyolojik sıvıların (PBS ve SGF) pH değerlerindeki değişimler Görsel 9'da verilmiştir. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum sentezlenen biyoaktif camların fizyolojik sıvılar ile teması sonucu ortama Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} gibi alkali iyonların salımı sonucu gerçekleşmektedir. 5%Ba^{2+} içeren biyoaktif cam tozlarının, katkısız cam partiküllerine göre SGF'nin pH değerini daha hızlı yükselttiği görülmüştür. PBS içerisinde bekletilen örneklerde artan Ba^{2+} katkı miktarı ile birlikte PBS'in pH değerlerinde daha hızlı artış olduğu anlaşılmaktadır. Baryumun toprak alkali bir element olmasının ve baryum ilavesinin yapıdan SiO_2 eksiltilerek camların sentezlenmesinin bu sonucun elde edilmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

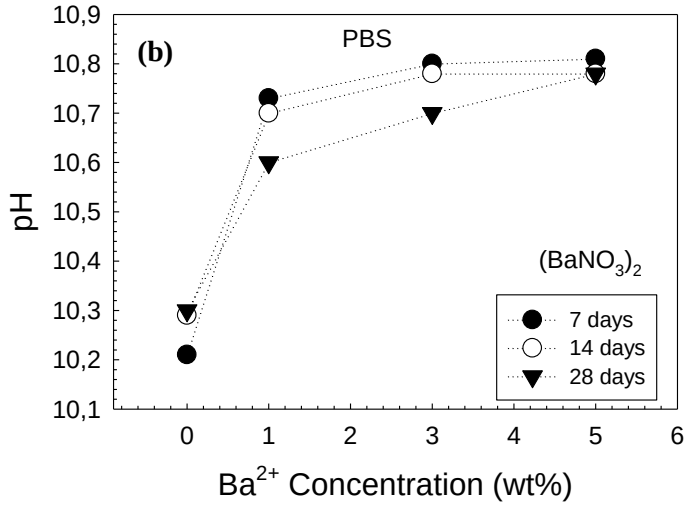
Diğer yandan sentezlenen biyoaktif camların fizyolojik sıvılarda neden olduğu pH yükselmesi ve ayrıca ilgili sıvılarda alkali iyon konsantrasyonunun artışına bağlı olarak gerçekleşen osmotik basınç artışının ilgili biyoaktif camların kullanıldığı sistemlerde antibakteriyel etki gözlenmesine neden olduğu konu hakkında literatürde yapılan geçmiş çalışmalarda yer almaktadır. Zhang vd [21] farklı kompozisyonlara sahip bioaktif cam tozlarının pek çok aerobik bakteri üzerinde yüksek konsantrasyonlarda oldukça güçlü antibakteriyel etki gösterdiğini raporlamıştır.

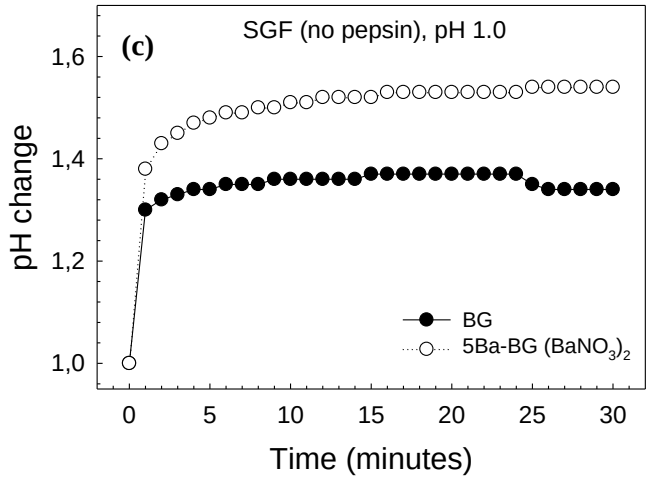
Helicobacter pylori (*H.Pylori*), insan mide mukozasına bağlanan bir Gram-negatif bakteri patojenidir. Literatürde yer alan geçmiş çalışmalar bu bakterinin, atrofik gastrit, kronik gastrit, mide ülseri, duodenum ülseri, mukoza ile ilişkili lenfoid doku lenfomaları, mide kanseri ve adenokarsinomlar gibi insan gastrointestinal rahatsızlıklarıyla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur [22]. Abduallah vd. [23] tarafından yapılan bir çalışma, BaO nanopartiküllerinin hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakteriyel büyümeyi durdurduğunu, bunların E. coli'ye karşı 19.12 ± 0.31 mm'ye, Klebsiella pneumoniae'ye karşı 18.83 ± 0.44 mm'ye, P. aeruginosa'ya karşı 17.31 ± 0.59 mm'ye, S. aureus'a karşı 16.56 ± 0.37 mm'ye ve S. epidermidis'e karşı 15.75

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

± 0.38 mm'ye kadar etkili olduğunu göstermiştir. Her ne kadar *H. Pylori* üzerindeki etkisi hakkında yeterli bilgi bulunmasa da mevcut çalışma kapsamında sentezlenen Ba^{2+}- katkılı 13-93 biyoaktif camların gastrik ülser sonucu oluşan yumuşak doku hasarının ve gastrointestinal sistem hastalıklarının tedavisinde kullanılma potansiyellerinin olabileceğini göstermektedir.







Görsel 9. İçerisinde BaO-katkılı biyoaktif cam tozları bekletilen fizyolojik sıvıların pH değerlerindeki değişimi gösteren grafikler (a),(b) PBS, (c) SGF.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışma kapsamında sol-jel yöntemi ile 1, 3, 5% Ba^{2+} katkılı 13-93 biyoaktif tozları sentezlenerek karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sentez çalışmalarında baryum (II) kaynağı olarak $BaCl_2.2H_2O$ veya $Ba(NO_3)_2$ kullanılmıştır. Sonuçlar hazırlanan biyoaktif cam tozlarında kalsinasyon sonrasında bazı kristal fazların oluştuğunu (özellikle $BaCl_2.2H_2O$ kullanıldığında) ve sentezlenen tozların ortalama tane boyutunun 3.46 ile 8.62 µm aralığında olduğunu göstermiştir. SBF ve PBS içerisinde 7, 14 ve 28 gün bekletilen biyoaktif cam tozlarının yüzeyinde kalsiyum fosfat ve HA oluşumu gerçekleştiği anlaşılmıştır. In vitro biyoaktivite çalışmalarının sonuçlarına göre, yüksek miktarda Ba^{2+} ilavesinin HA oluşum hızını düşürdüğünü ancak fizyolojik sıvılar içerisinde bekletilen tüm örneklerin yüzeyinde 7 günden itibaren kalsiyum fosfat ve 28 günde HA oluştuğu anlaşılmıştır. İçerisinde biyoaktif cam tozları bekletilen PBS ve SGF'nin pH değerlerinde zamana bağlı artış olduğu tespit edilmiştir. 5%Ba^{2+} içeren biyoaktif cam tozlarının, katkısız cam partiküllerine göre SGF'nin pH değerini daha hızlı yükselttiği görülmüştür. Çalışma kapsamında sentezlenen malzemelerin bulundukları fizyolojik ortamda pH artışına bağlı olarak antibakteriyel özellik gösterebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma kapsamında AGS mide hücre hattı kullanılarak in vitro sitotoksisite çalışmaları ve *H. Pylori* bakteri suşuna karşı antibakteriyel aktivite testleri devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 223M255 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü yazar TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunar.

KAYNAKÇA

[1]. Hench, L. L., Splinter, R. J., Allen, W. C., & Greenlee, T. K., Jr. Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials. Journal of Biomedical Materials Research, 2, 117-141, 1971.

[2] . Rahaman, M. N., Day, D. E., Bal, B. S., Fu, Q., Jung, S. B., Bonewald, L. F. Bioactive glass in tissue engineering, Acta Biomaterialia, 7(6), 2355-2373, 2011.

[3]. Zhu, Y., Li, X., Yang, J., Wang, S., Gao, H., Hanagata, N. Composition–structure–property relationships of the $CaO–M_xO_y–SiO_2–P_2O_5$ (M = Zr, Mg, Sr) mesoporous bioactive glass (MBG) scaffolds, Journal of Materials Chemistry, 21(25), 9208-9218, 2011.

[4]. Zhu, Y., Zhang, X., Chang, G., Deng, S., Chan, H.F. Bioactive Glass in Tissue Regeneration: Unveiling Recent Advances in Regenerative Strategies and Applications. Advanced Materials, 2312964, 2024.

[5]. Chen, X., Ran, X., Wei,X., Zhu,L., Chen, S., Liao, Z., Xu, K., Xia, W. Bioactive glass 1393 promotes angiogenesis and accelerates wound healing through ROS/P53/MMP9 signaling pathway, Regenerative Therapy, 26, 132-144, 2024.

[6]. Gerhard, L.-C., Boccaccini, A. R. Bioactive glass and glass-ceramic scaffolds for bone tissue engineering. Materials, 3, 3867-3910, 2010.

[7]. Verrier, S., Blaker, J. J., Maquet, V., Hench, L. L., Boccaccini, A. R. PDLLA/Bioglass® composites for soft-tissue and hard-tissue engineering: an in vitro cell biology assessment, Biomaterials, 25, 3013-302, 2004.

[8]. Zhang, K., Ma, Y., Francis, L. F. Porous polymer/bioactive glass composites for soft to hard tissue interfaces. Journal of Biomedical Materials Research, 61, 551-563, 2002.

[9]. Ma, A. N., Gong, N., Lu, J. M., Huang, J. L., Hao, B., Guo, Y., Zhong, J., Xu, Y., Chang, J., Wang, Y. X. Local protective effects of oral 45S5 bioactive glass on gastric ulcers in experimental animals. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 24, 803-809, 2013.

[10]. Gorustovich, A. A., Roether, J. A., Boccaccini, A. R. Effect of bioactive glasses on angiogenesis: a review of in vitro and in vivo evidences. Tissue Engineering Part B: Reviews, 16(2), 199-207, 2010.

[11]. Mehrabi, T., Mesgar, A. S., Mohammadi, Z. Bioactive glasses: a promising therapeutic ion release strategy for enhancing wound healing, ACS Biomaterials Science and Engineering, 6(10), 5399-5430, 2020.

[12]. Paliwal, P., Sampath Kumar, A., Tripathi, H., Singh, S. P., Patne, S. C. U., Krishnamurthy, S. Pharmacological application of barium containing bioactive glass in gastro-duodenal ulcers, Materials Science and Engineering: C, 92, 424-434, 2018.

[13]. Majumdar, S., Krishnamurthy, S. In vivo toxicological evaluation of barium-doped bioactive glass in rats, Ceramics International, 48(2), 2022.

[14]. Deliormanlı, A. M., Yildirim, M. Sol-gel synthesis of 13-93 bioactive glass powders containing therapeutic agents, Journal of the Australian Ceramic Society, 52(2), 9–19, 2016.

[15]. Kokubo, T., Takadama, H. How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? Biomaterials, 27, 15, 2907-2915, 2006.

[16]. Naz, F., Saeed, K. Synthesis of barium oxide nanoparticles and its novel application as a catalyst for the photodegradation of malachite green dye. Appl Water Sci 12, 121, 2022.

[17]. Han, W., Zhang, Y., Liu, R., Sun, Y., Li, M. Purification of spent electrolyte by sequential precipitation method and its on-line monitoring. Ionics. 27, 4829–4838, 2021.

[18]. Mihaylov, M.Y., Zdravkova, V.R., Ivanova, E.Z., Aleksandrov, H.A., Petkov, P.St., Vayssilov, G.N., Hadjiivanov, K.I. Infrared spectra of surface nitrates: Revision of the current opinions based on the case study of ceria, Journal of Catalysis, 394, 245-258, 2021.

[19]. Tran, T., Pham, V.A., Le, P., Nguyen, T., Tran, V. Synthesis of amorphous silica and sulfonic acid functionalized silica used as reinforced phase for polymer electrolyte membrane. Adv. Nat. Sci.: Nanoscience and Nanotechnology, 4, 045007, 2013.

[20]. Timchenko, P.E., Timchenko, E.V., Pisareva,E.V., Yu Vlasov, M., Red'kin, N.A., Frolov, O.O. Spectral analysis of allogeneic hydroxyapatite powders, Journal of Physics: Conference Series, 784, 012060, 2017.

[21]. Zhang, D., Leppäranta, O., Munukka, E., Ylänen, H., Viljanen, M.K., Eerola, E., Hupa, M. and Hupa, L. Antibacterial effects and dissolution behavior of six bioactive glasses. J. Biomed. Mater. Res., 93A: 475-483, 2010.

[22]. Elmehbad, N.Y., Mohamed, N.A., Abd El-Ghany, N.A., Abdel-Aziz, M.M. Evaluation of the in vitro anti-inflammatory and anti-Helicobacter pylori activities of chitosan-based biomaterials modified with copper oxide nanoparticles, International Journal of Biological Macromolecules, 253, 127277, 2023.

[23]. Abdullah, Rahman, A. U., Faisal, S., Almostafa, M. M., Younis, N. S., Yahya, G. Multifunctional Spirogyra-hyalina-Mediated Barium Oxide Nanoparticles (BaONPs): Synthesis and Applications. Molecules, 28(17), 6364, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ENDÜSTRİYEL ALANLARDA HAFİF KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIMININ SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

Doç. Dr. Gonca DÜZKALE SÖZBİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/ Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü,

goncaduzkale@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-0728-841X

ÖZET

Kompozit malzemeler, farklı bileşenlerin birleştirilerek üstün mekanik, termal veya kimyasal özelliklere sahip yeni malzemeler elde edildiği çok yönlü materyallerdir. Bu malzemeler, genellikle iki veya daha fazla farklı maddeyi bir araya getirerek daha güçlü, hafif ve dayanıklı ürünler sunar. Hafif kompozitler, düşük yoğunluklu bileşenlerle oluşturulan bu tür malzemelerdir ve özellikle ağırlık sınırlamaları olan alanlarda tercih edilir. Hafif kompozitler, yüksek performans gereksinimlerini karşılamak için yüksek dayanım ve düşük ağırlık sağlar. Bu tür malzemeler, günümüz teknolojisinde enerji verimliliği, taşınabilirlik ve güvenlik gibi önemli faktörlerde büyük katkılar sunmaktadır.

Bu çalışmada, hafif kompozit malzemelerin önemini, havacılık ve uzay teknolojisi, otomotiv teknolojisi, denizcilik ve deniz endüstrisi, yapı ve inşaat sektörü gibi endüstri alanlarında neden tercih edildiğini ve sağladığı avantajlar hakkında bilgi sunulmaktadır. Ayrıca, hafif kompozit malzemeler, çeşitli endüstrilerde oldukça yüksek bir potansiyele ve yaygın uygulamalara sahip heyecan verici bir malzeme sınıfı olarak vurgulanmıştır. Bu inceleme makalesi, uygulamaların kapsamlı bir analizini sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit, Hafif Malzemeler, Endüstri, Avantaj

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ADVANTAGES OF THE USE OF LIGHT COMPOSITE MATERIALS IN INDUSTRIAL AREAS

ABSTRACT

Composite materials are different materials that combine various components to obtain new materials with superior mechanical, thermal or chemical properties. These materials usually combine two or more different substances to provide stronger, lighter and more durable products. Lightweight composites are such materials created with low-density components and are especially preferred in areas with weight limitations. Lightweight composites provide high strength and low weight to meet high performance requirements. Such materials make great contributions to important factors such as energy efficiency, portability and safety in today's technology.

In this study, provides information on the importance of lightweight composite materials, why they are preferred in industrial areas such as space technology, automotive technology, marine and marine industry, construction and building sector. and the advantages they provide. Furthermore, lightweight composite materials have been highlighted as an exciting class of materials with very high potential and widespread applications in various industries. This review article provides a comprehensive analysis of the applications

Keywords: Composite, Lightweight Materials, Industry, Advantage

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde bilgi ve teknolojinin ilerlemesiyle, malzemelerin insanlara ne kadar derinden entegre olduğu ortadadır. Ekonomik faktörler, lojistik ve toplumsal beklentiler, zaman içinde malzemelerin gelişimini şekillendirmiştir. Malzemeleri üretme, anlama ve işleme yeteneğimiz, teknolojik ilerlemelere büyük ölçüde katkıda bulunmuştur ve malzeme geliştirme düzeyi, giderek daha fazla performansa, enerji verimliliğine ve doğal kaynakların yeterli kullanımına odaklanmıştır.

Kompozit malzeme, önemli ölçüde farklı fiziksel veya kimyasal özelliklere sahip iki veya daha fazla bileşen malzemeden yapılmış bir mühendislik malzemesi olarak tanımlanmaktadır (Abdullahi ve Umar, 2011; Dimple ve ark., 2023). Kompozitler, avantajlı mekanik özellikleri ve hafiflikleri nedeniyle, sürekli olarak mümkün olan en verimli ve en ucuz ürünlere doğru gelişmektedir. Bunlar, otomobil, denizcilik, havacılık ve spor malzemeleri sektörleri gibi çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Habibi ve ark., 2020). Kompozitlerin benzersiz özellikleri, malzemelerin bileşen özelliklerini temel almaktadır ve kullanılan malzemelerin, geometrileri, boyutları, hizalamaları, dağılımları ve konsantrasyonları, davranışlarını tanımlamada önemli bir rol oynamaktadır (Phiri ve ark., 2024).

Kompozitler bir matris bileşeninden (sürekli faz) ve bir takviye bileşeninden (lifler veya/veya parçacıklar) oluşur. Takviye faz, mukavemet ve sertlik sağlar. Bu nedenle, takviye matristen daha sert, daha güçlü ve daha serttir. Matris, takviyeyi aşınma, yıpranma ve kimyasal saldırı gibi çevresel faktörlerden koruyan ve çevreleyen sürekli fazdır (Campbell, 2010). Kompozit malzemeler, esas olarak yüksek mukavemet-ağırlık oranları nedeniyle benzerlerinden çok daha sağlamdır (Sahu ve ark., 2023).



Görsel 1. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Hafif malzemeler de genel olarak daha düşük yoğunluklu ancak geleneksel malzemelere kıyaslandığında, benzer veya geliştirilmiş performans sağlayan malzemelere denilmektedir. Bu hafif kompozit malzemeler, mukavemet-ağırlık oranları, azaltılmış karbon emisyonları, iyi termal direnç, radyasyon direnci, yorulma dayanıklılığı, hasar direnci ve daha iyi mekanik performansları nedeniyle bir çok endüstri tarafından yaygın olarak benimsenmiştir (Jones, 2014; Fan ve Njuguna, 2016). Bunlar içerisinde, havacılık, uzay, otomotiv, denizcilik, yapı ve inşaat sektörlerinde kullanım alanı sunmaktadır. Bu hafif kompozitler, metal matris

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kompozitler, polimer matris kompozitler , seramik matris kompozitler ve fiber kompozitler gibi kategorilerden oluşmaktadır (Phiri ve ark., 2024).

Birçok endüstri, enerji tüketimini en aza indirmek için çaba göstermiş ve bu da ağır geleneksel malzemeler yerine hafif metaller, polimerler ve kompozitler gibi daha hafif alternatiflerin seçilmesine yol açmıştır (Rubio ve ark., 2019; Rajamudi Gowda ve ark., 2024). Hafif malzemeler, ağırlıktan tasarruf etme, taşınabilirliği artırma ve potansiyel olarak maliyetleri düşürmeyi amaçlamaktadır. Özellikle kompozit malzemelere, direnç, sertlik, hafif özellikler ve korozyon direncinin sağlanabilmesi nedeniyle malzeme bilimi ve mühendisliğinde hızla öne çıkmıştır (Rajak ve ark., 2019; Yan ve ark.,2012). Kompozitlerin kullanımı, 2013'ten bu yana yaklaşık %5'lik yıllık artışla önemli bir büyüme göstermiştir. Bu yükselen eğilimin devam edebilmesi için, kompozit malzemeleri ve hafif uygulamalardaki potansiyellerini iyice anlamak önemlidir (Phiri ve ark., 2024).

2. HAFİF KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANILDIĞI ENDÜSTRİLER

2.1. Uçak ve Uzay Endüstrisi

Havacılık ve uzay endüstrisinde kullanılan malzemelerin ağırlığının az olması, yakıt verimliliğini artırarak tasarruf sağlamakta ve performansı artırmaktadır. Ayrıca hafif kompozitlerin dayanımı yüksek olduğu için uçaklarda ve uzay araçlarında daha dayanıklı ve güvenilir parçaların üretilmesine imkan tanımaktadır. Bu nedenle havacılık ve uzay endüstrisinde hafif kompozit malzemelere olan talep her geçen gün artmaktadır (Ölmez ve ark., 2023).

Alüminyum alaşımları ve metal matris kompozitleri (AMMC), havacılık uygulamaları için harika bir alternatiftir ve süper hafif malzemelerdir. Özellikleri nedeniyle araştırmacılar arasında muazzam bir ilgi görmüştür. Hafiftirler, daha ucuzdurlar, kolayca üretilirler ve yüksek mukavemetli bir malzeme haline getirilerek işlenebilirler (Sehgal ve ark., 2022; Siengchin, 2023). Hafif kompozitler, cam, karbon ve kevlar gibi sentetik lifler, alüminyum alaşımına kıyasla ağırlık azaltma için uçaklarda yaygın olarak kullanılmıştır. Elyaf takviyeli polimer ve elyaf metal laminatlar gibi çeşitli yüksek performanslı kompozitlerin geliştirilmesi üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır ve bunlar alüminyum alaşımları gibi önemli hafif havacılık malzemeleriyle rekabet etmektedir. Yapılan bir araştırma, E-cam takviyeli epoksi kompozit laminatın bir havacılık malzemesi olarak performansını değerlendirmiştir. Kullanılan sertleştirme maddesinde değişiklik yapılarak üretilen malzemenin çekme, eğilme, kesme ve darbe özellikleri incelenmiş ve kompozit malzemenin, eğilme mukavemeti ve sertlik değerlerinde önemli bir iyileşme gözlemlenmiştir. Çalışılan malzemenin, uçakların anten sistemlerinin mekanik kaplaması için kullanılabilecek potansiyel ve iyi bir elektromanyetik şeffaf malzeme olarak nitelendirildiği sonucuna varmışlardır(Bhavya ve ark.,2021). Yapılan başka bir araştırmada, havacılık uygulamaları için bitkisel lif ve odun tozu kullanarak hibrit bir biyokompozit geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, malzemenin mekanik özelliklerini optimize etmişler ve biyolojik olarak daha iyi parçalanabilir olduğunu, kompozitlerin diğer formülasyonlarıyla karşılaştırıldığında daha hafif olduğunu bulmuşlardır (Tahir ve ark.,2022).

Havacılık ve uzay sektöründeki enerji ihtiyaçları oldukça yüksektir, bu nedenle maliyet tasarruflarını artırmak ve genel uçak ağırlığını düşürmek için hafif alaşımlar kullanmak

önemlidir. Bir uçağın ağırlığı, hareket etmenin maliyetini etkiler ve yakıt, genel harcamaların yaklaşık %30'unu oluşturur. Sonuç olarak, küresel havacılık trafiğinin 1977'den beri her 15 yılda bir iki katına çıkması ve bu eğilimin gelecekte de artmaya devam etmesi göz önüne alındığında, hafif yapısal malzemelerin benimsenmesinin olası avantajı açıktır(Scelsi ve ark., 2011; Timmis ve ark., 2015). Havacılık sektöründe, hafif ekstrüde ürünler kullanarak tasarrufu sağlamak amacıyla, çeşitli karmaşık kesit şekilleri üretmek, optimum malzeme işleme parametrelerini belirlemek, uçak ağırlığını düşürerek tasarrufu sağlamaktadır (Sliwa ve ark., 2017). En son uçakların yapısal kütlesinin neredeyse %50'sini oluşturan uçak bileşenlerinde yaygın kullanımı, bunun kanıtıdır. Bu malzemeler, esnek polimer matrislerin yanı sıra çok hafif olan mikro/nano sürekli elyafların mükemmel özgül sertliğini ve mukavemetini kullanmaktadır. (Gorbatikh ve ark., 2016).

2.2. Otomotiv Endüstrisi

Bu endüstride hafif kompozit malzemelerin kullanımı giderek artmaktadır. Araba endüstrileri, hafif kompozit malzemelerin düşük yoğunluğu ve yüksek mukavemet özellikleri nedeniyle, ağırlıktan tasarruf ederek yakıt verimliliğini artırmayı ve performansı yükseltmeyi amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra, hafif kompozit malzemelerin otomotiv endüstrisinde kullanımı, elektrikli ve hibrit araçların üretiminde de oldukça yaygındır. Bu malzemeler, batarya ağırlığını dengelemek ve araçların menzilini artırmak için tercih edilmektedir (Tasgın ve Kandemir, 2023).

Hafif kompozit malzemeler, koltuk, tavan, direksiyon simidi, kapak, gösterge paneli, paspaslar, enerji emici, iç ve dış panel, jantlar, yaprak yay, motor kapağı vb. gibi birçok bileşenler bu kompozit malzemelerle üretebilmektedir (Gupta ve ark., 2016). Örneğin, bir arabanın kütlesini 100 kg azaltmak, her 100 km'de yaklaşık 0,7 litre yakıt tasarrufu sağlar (doğrudan ve dolaylı olarak). Hafif kompozit yapıların üretim süreci için, fiber takviyeli termoplastik malzemelere dayalı teknolojilerle entegre edilebilir. Hafif malzeme uygulamaları için ana motivasyonlar ağırlık tasarrufu ve olası maliyet tasarruflarıdır. Geliştirilmiş performansla önemli ağırlık azaltımları daha az yakıt tüketimi ve CO2 emisyonu anlamına gelecektir (Patel ve ark., 2018). Yakıt verimliliğinin iyileştirilmesi ve sera gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik artan talepler, üreticileri hafif araçlar üretmeye yöneltmiştir. Ek olarak, daha hafif bir araç geri dönüştürüldüğünde ve/veya sürüldüğünde daha iyi işlev görebilir (örneğin, daha iyi yakıt verimliliği, frenleme özellikleri ve çarpışma güvenliği ile) (Zhang ve Xu, 2022; Mallick, 2020).

2.3. Denizcilik ve Deniz Endüstrisi

Denizcilik ve deniz endüstrisinde hafif kompozit malzemelerin kullanımı giderek artmaktadır. Gemi yapılarında, deniz araçlarında ve deniz platformlarında hafif kompozit malzemelerin tercih edilmesinin nedeni, düşük yoğunluğu, yüksek mukavemeti ve korozyona dayanıklı olmalarıdır. Bu özellikler sayesinde denizcilik endüstrisindeki kompozit malzemenin direnci yükselmekte ve performansı artmaktadır. Ayrıca, hafif kompozit malzemelerin kolay şekil verilebilme özelliği de denizcilik endüstrisinde tercih edilme sebebini oluşturmaktadır (Toğar, ve ark., 2021).

Hafif kompozit malzemeler, geleneksel malzemelere göre çok daha hafif olmalarına rağmen yüksek mukavemet sağlar. Bu özellik, deniz taşıtlarının hızını ve yakıt verimliliğini artırır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Özellikle sandviç yapılar, bu avantajları sayesinde denizcilikte yaygın olarak kullanılmaktadır (Palomba ve ark., 2022). Deniz ortamı, tuzlu su ve nem nedeniyle metal yapıların korozyona uğramasına neden olabilir. Kompozit malzemeler, bu çevresel faktörlere karşı dirençli olduğu için bakım maliyetlerini düşürür ve uzun ömürlü yapılar sağlar (Siengchin, 2023). Kompozit malzemeler, tasarımda büyük bir esneklik sunar. Bu, gemilerin ve deniz yapılarının daha aerodinamik ve enerji verimli tasarımlarına olanak tanır. Özellikle sandviç yapıların kritik yük koşullarına dayanabilmesi, denizcilik mühendisliğinde yenilikçi uygulamalara kapı açmıştır (Palomba, 2020).

Hafif malzemeler, taşıtların ağırlığını azaltarak yakıt tüketimini düşürür. Bu durum, hem ekonomik faydalar sağlar hem de çevresel etkileri azaltır. Kompozit malzemelerin bu özelliği, çevresel sürdürülebilirliğin önem kazandığı günümüzde büyük avantaj sunmaktadır (Fan ve Njuguna, 2016). Deniz taşıtlarının darbe dayanımı ve güvenliği, kompozit malzemelerin sunduğu bir diğer önemli avantajdır. Örneğin, sandviç yapılar kritik yük ve darbe koşullarında daha yüksek performans gösterir (Sutherland, 2018). Hafif kompozit malzemelerin denizcilikteki geleceği, bu malzemelerin daha da geliştirilmesi ve yenilikçi uygulamalara entegrasyonu ile şekillenmektedir. Gelecekteki deniz taşıtlarının yapısal elemanlarında bu malzemelerin daha fazla kullanılacağı öngörülmektedir (Shenoi ve ark., 2011).

2.4. Yapı ve İnşaat Endüstrisi

Yapı ve inşaat sektöründe hafif kompozit malzemelerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle büyük yapılar, köprüler ve endüstriyel tesislerde, bu malzemelerin tercih edilmesinin nedeni, yüksek mukavemetleri ve hafiflikleridir. Hafif kompozit malzemelerin düşük ağırlıkları, taşıyıcı sistemlerin ağırlığını azaltmaktadır ve böylece yapım maliyetlerini düşürebilmektedir. Ayrıca, bu malzemelerin dayanıklı olmaları ve korozyona karşı direnç göstermeleri, yapıların kullanım süresini uzatmakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir (Toğar, 2021).

Kompozit yapılar, betonarme yapılara göre ağırlıkları daha az olabilmektedir. Böylelikle gerçekleşebilecek herhangi bir depremde, oldukça düşük yapısal hasar oluşturmaktadır. Kompozit yapılar, deprem kuvvetlerine karşı daha sünek davranış sergileyebilmektedir. Kompozit yapılarda ana taşıyıcı eleman laboratuar ortamında hazırlandığı için kalite kontrol miktarı fazla olmaktadır. Kompozit yapılarda, çelik yapılarla kıyaslandığında %20 den düşük çelik kullanılabilmektedir (İnce ve ark., 2015). Çok amaçlı, hafif malzemeler, tüm inşaat sisteminin tüm performansını ve ekolojik dostluğunu önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Ek olarak, geniş anlamda, hafif malzemeler ayrıca, ana yapının özelliklerini etkilemeden kendi kendini temizleme veya yapısal sağlığın gözönünde tutulduğu özel görevleri gerçekleştirebilir (Costa ve ark., 2021; Rowe, 2012).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kompozit malzemeler, çeşitli endüstrilerde oldukça yüksek bir potansiyele ve yaygın uygulamalara sahip heyecan verici bir malzeme sınıfı olarak ortaya çıkmıştır. Bu inceleme makalesi, uygulamaların kapsamlı bir analizini sunmaktadır. Makaleden çıkarılacak sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

- Hafif kompozit malzemeler yüksek mekanik dayanım sağlamaktadır.
- Hafif kompozit malzemeler korozyona karşı dayanıklılık göstermektedir.
- Bu malzemeler, esnek tasarım imkanı sağlamaktadır.
- Bu malzemeler kullanılarak çevresel etki azaltılabilmektedir.
- Hafif kompozit malzemelerin kullanımı sürdürülebilirlik potansiyeli sağlamaktadır.
- Bu malzemelerin kullanımı geri dönüşüm potansiyeli sağlamaktadır.
- Bu malzemeler, atık yönetimine imkan tanımaktadır.
- Hafif kompozit malzemelerin kullanımı karbon ayak izini düşürebilmektedir.

Ayrıca, bu inceleme makalesi, araştırmacıların hafif kompozit malzemelerin faydalarından etkili bir şekilde yararlanmalarını sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Abdullahi, I., & Umar, A. (2011). Potentials of unsaturated polyester-groundnut shell composite as material in building industry. Journal of Advanced Research in Applied Sciences, 5, 78–84.

Bhavya, S., Velmurugan, R., & Arunachalam, K. (2021). Evaluation of E glass epoxy composite laminate as an electromagnetically transparent aerospace material. Materials Today: Proceedings, 46, 4825–4834. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.320.

Campbell, F.C. (2010) Introduction to Composite Material. Structural Composite Materials, 1, 1-29.

Costa, C. M., Costa, P., & Lanceros-Mendez, S. (2021). Overview on lightweight, multifunctional materials. In Advanced lightweight multifunctional materials (pp. 1–24). Woodhead Publishing.

Dimple, Singh, G. P., & Mangal, R. (2023). A comprehensive review of natural fiber reinforced composite and their modern application. Materials Today: Proceedings. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.745.

Fan, J., & Njuguna, J. (2016). An introduction to lightweight composite materials and their use in transport structures. In Lightweight composite structures in transport (pp. 3–34).

Gorbatikh, L., Wardle, B. L., & Lomov, S. V. (2016). Hierarchical lightweight composite materials for structural applications. MRS Bulletin, 41(9), 672–677.

Gupta, G., Kumar, A., Tyagi, R., & Kumar, S. (2016). Application and future of composite materials: A review. International Journal of Innovative Research in Science & Technology, 6907–6911.

Habibi, M., Selmi, S., Laperrière, L., Mahi, H., & Kelouwani, S. (2020). Post-impact compression behavior of natural flax fiber composites. Journal of Natural Fibers, 17(11), 1683–1691. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1588829.

İnce, G., İnce, H. H., & Kaya, F. (2015). Kompozit yapı sistemlerinin incelenmesi. The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University, 6(1), 43–47.

Jones, R. M. (2014). Mechanics of composite materials. CRC Press.

Mallick, P. K. (2020). Materials, design and manufacturing for lightweight vehicles. Woodhead Publishing.

Ölmez, C. & Sever, Z. & Güneş, S. (2023). Engineering Applications of Composite Materials: Classification, Mechanical Calculations, Manufacturing Methods, and Applications. In: Boztoprak, Y. (ed.), Composite Materials with Different Engineering Approaches-I. Özgür Publications. DOI: https://doi.org/10.58830/ozgur.pub131.c723.

Palomba, G. (2020). Lightweight structures for marine applications: from testing to design. Thesis_Giulia_Palomba.

Palomba, G., Epasto, G. & Crupi, V. (2022). Lightweight sandwich structures for marine applications: a review. Mechanics of Advanced Materials and Structures, volume 29, 2022 - Issue 26, Pages 4839-4864 .

Patel, M., Pardhi, B., Chopara, S., & Pal, M. (2018). Lightweight composite materials for automotive - A review. International Research Journal of Engineering and Technology, 5(11).

Phiri, R., Rangappa, S. M., Siengchin, S., Oladijo, O. P., & Ozbakkaloğlu, T. (2024). Advances in lightweight composite structures and manufacturing technologies: A comprehensive review. Heliyon, 10, e39661.

Rajak, D. K., Pagar, D. D., Kumar, R., & Pruncu, C. I. (2019). Lightweight materials for automotive applications: A review. Journal of Materials Research and Technology, 8(6), 6354–6374. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.09.068.

Rajamudi Gowda, A. H., Goud, G., Sathynarayana, K., & Puttegowda, M. (2024). Influence of water absorption on mechanical and morphological behaviour of Roystonea-Regia/banana hybrid polyester composites. Applied Science and Engineering Progress, 17(1), 7074. https://doi.org/10.14416/j.asep.2023.10.003.

Rowe, J. (2012). Advanced materials in automotive engineering. Elsevier.

Rubio, E., Blanco, D., Marín, M., & Carou, D. (2019). Analysis of the latest trends in hybrid components of lightweight materials for structural uses. Procedia Manufacturing, 41, 1047–1054. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.032.

Sahu, M., Patnaik, A., Sharma, Y. K., & Dalai, A. (2023). Physico-mechanical and tribological behaviour of natural fiber reinforced polymer composites: A short review. Materials Today: Proceedings. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.822.

Scelsi, L., Bonner, M., Hodzic, A., Soutis, C., Wilson, C., Scaife, R., & Ridgway, K. (2011). Potential emissions savings of lightweight composite aircraft components evaluated through life cycle assessment. Express Polymer Letters, 5(3).

Sehgal, A. K., Juneja, C., Singh, J., & Kalsi, S. (2022). Comparative analysis and review of materials properties used in aerospace industries: An overview. Materials Today: Proceedings, 48, 1609–1613. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.498.

Shenoi, R. A., Dulieu-Barton, J. M. & Quinn, S. (2011). Composite materials for marine applications: key challenges for the future. Journal of Composite Materials, pp. 69-89.

Siengchin, S. (2023). A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments. Defence Technology, 1–17.

Sliwa, R. E., Balawender, T., Hadasik, E., Kuc, D., Gontarz, A., Korbel, A., & Bochniak, W. (2017). Metal forming of lightweight magnesium alloys for aviation applications. Archives of Metallurgy and Materials, 62.

Sutherland, L. S. (2018). A review of impact testing on marine composite materials: Part I–Marine impacts on marine composites. Journal of Composite Structures, Volume 200, Pages 929-938.

Tahir, N., Umar, A., & Abdullahi, I. (2022). Optimization of the mechanical properties of Sterculia Setigera Delile fibre epoxy composite using Taguchi methodology. Advanced Research in Material Science, 5, 33–42.

Taşgın, Y., & Kandemir, S. (2023). Doğal Elyaf Takviyeli (Jüt-Keten-Kenevir) Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Metalografik Olarak İncelenmesi. International Journal of Pure and Applied Sciences, 9(2), 240-249.

Timmis, A. J., Hodzic, A., Koh, L., Bonner, M., Soutis, C., Schäfer, A. W., & Dray, L. (2015). Environmental impact assessment of aviation emission reduction through the implementation of composite materials. International Journal of Life Cycle Assessment, 20(2), 233–243.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Toğar, A., Baştuğ, B., Betgül, C., & Kayabaşı, D. (2021). Hafif kompozit malzemelerin denizcilik endüstrisindeki önemi. Denizcilik Araştırmaları Dergisi, 34(2), 123-135. https://doi.org/xxxx.

Yan, D., Ren, P., Pang, H., Fu, Q., Yang, M., & Li, Z. (2012). Efficient electromagnetic interference shielding of lightweight graphene/polystyrene composite. Journal of Materials Chemistry, 22(36), 18772. https://doi.org/10.1039/c2jm32692b.

Zhang, W., & Xu, J. (2022). Advanced lightweight materials for automobiles: A review. Materials & Design. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110994.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BİTKİSEL YAĞ İLE BİRLEŞİK MODİFİKASYON İŞLEMİNİN KARAÇAM *(PİNUS NİGRA)* ODUNUNUN SU ALMA DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Gonca DÜZKALE SÖZBİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/ Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü,

goncaduzkale@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-0728-841X

ÖZET

Ağaç malzemelerin dayanıklılığını artırmak amacıyla emprenye işlemleri uzun yıllardır uygulanmaktadır. Ancak, zamanla ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, kullanılan emprenye maddelerinin insan sağlığına ve çevreye zararlı etkileri olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen emprenye maddelerinin tercih edilmesi giderek önem kazanmaktadır. Bitkisel organik yağlar, yenilenebilir kaynaklardan elde edildiği için fosil türevi emprenye kimyasallarına kıyasla daha çevre dostudur. Bitkisel organik yağlar, hem çevresel hem de teknik avantajlar sağlayarak ahşap işleme alanında önemli bir yer tutar. Özellikle çevre dostu alternatiflerin giderek daha fazla tercih edildiği günümüzde, bu tür yöntemler büyük bir değer taşır.

Bu çalışmada, karaçam odunu örnekleri kekik yağı ile emprenye edilmiş ve ardından bu örneklere termal işlem uygulanarak, karaçam odunu örnekleri birleşik modifikasyona tabi tutulmuştur. Modifikasyona sonucunda karaçam odunu örneklerinin su alma ve kalınlık artımı miktarları ayrıca suda bekletmenin yoğunluk üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, 5 gün boyunca su içerisinde bekletilen karaçam odunu örneklerinde en az su alma miktarı ve kalınlık artışı oranı emprenye işleminin ardından 5 saat termal muamele edilen örneklerden elde edilmiştir. Yoğunluk miktarını, emprenye işleminin arttırdığı, ısıl işlemin ise süre arttıkça azalttığı tespit edilmiştir. Suda bekletme sonrasında yoğunluk değerlerinde azalma belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, Emprenye, Isıl İşlem, Su Alma, Kalınlık Artımı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EFFECT OF MODIFICATION PROCESS COMBINED WITH VEGETABLE OIL ON WATER UPTAKING BEHAVIOR OF BLACK PINE (PINUS NIGRA) WOOD

ABSTRACT

Impregnation processes have been applied for many years to increase the durability of wood materials. However, with time and technological advancement, it has been determined that the impregnation materials used have harmful effects on human health and the environment. Today, it is increasingly important to prefer impregnation materials that do not harm the environment and human health. Since plant-based organic oils are obtained from renewable resources, they are more environmentally friendly compared to fossil-derived impregnation chemicals. Plant-based organic oils have an important place in the field of wood processing by providing both environmental and technical advantages. Especially today, when environmentally friendly alternatives are increasingly preferred, such methods are of great value.

In this study, black pine wood samples were impregnated with thyme oil and then thermal treatment was applied to these samples, and the black pine wood samples were subjected to combined modification. As a result of the modification, the water intake and thickness increase amounts of the black pine wood samples and the effect of soaking in water on density were determined. According to the results of the study, the least amount of water uptake and thickness increase rate in the larch wood samples kept in water for 5 days were obtained from the samples thermally treated for 5 hours after the impregnation process. It was determined that the impregnation process increased the density amount, while the heat treatment decreased it as the time increased. A decrease in the density values was determined after soaking in water.

Key Words: Black pine, Impregnation, Heat Treatment, Water uptake, Thickness Increase

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Ahşap malzeme geçmişte kullanım ömrünün arttırılması amacıyla oldukça fazla petrol türevli kimyasallarla muamele edilmiştir. Fakat zamanın ilerlemesiyle ve bilginin artmasıyla birlikte, bu petrol türevli kimyasalların çevreye ve insan sağlığına olan zararlı etkileri belirlenmiştir. Bunun sonucunda çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen odun koruma yöntemleri önem kazanmaya başlamıştır. Hem çevre dostu olması hem de insanlara zarar vermemesi nedeniyle organik yağlarla muamele ve odunun termal muamelesi dikkat çekmektedir.

Bitkisel yağlarla yapılan emprenye işlemi, ahşabın biyolojik direncini artırmak ve su emilimini azaltmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Dmitrenkov ve ark., 2021). Ayrıca, odunun dayanıklılığını artırmak için bitkisel yağlar, termal işlemle birleştirilebilir. Bu işlem sonucunda, odunun biyolojik bozunmaya karşı direncini arttırmakta ve fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir. Farklı bitkisel yağların kullanılmasıyla, ahşap yüzey sertliğini artırdığı ve suya karşı koruma sağladığı gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 2018).

Bitkisel yağlar, ahşap yüzeyin estetik görünümünü iyileştirir ve çevreye zarar vermeyen bir yöntem sunmaktadır. Doğal yağlarla yapılan işlemler, ahşapta dekoratif bir parlaklık ve renk tonunda iyileştirme sağlamaktadır. Keten yağı, soya yağı gibi farklı bitkisel yağlar, çevre dostu koruma yöntemleri arasında yer almaktadır (Lu, 2014). Bazı uçucu bitkisel yağlar, ahşap malzemeleri mantarlardan korumada etkili bir rol oynamaktadır. Özellikle kekik ve lavanta gibi yağlar, ahşap üzerinde mantar gelişimini engelleyici tutum sergileyerek, geleneksel ahşap koruma yöntemlerine çevre dostu bir alternatif sunmaktadır (Pánek ve ark., 2014).

Kekik yağı, içerdiği timol ve karvakrol gibi fenolik bileşikler sayesinde güçlü antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahiptir. Özellikle ahşap malzemeleri mantar ve küf gibi biyolojik zarar vericilere karşı korumada etkili olmaktadır (Pánek ve ark., 2014).. Kekik yağı, odunun fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmektedir. Su emilimini azaltmakta ve dayanıklılığını arttırmaktadır. Aynı zamanda dış mekan koşullarına karşı daha dirençli bir ahşap malzeme, elde edilmesini sağlamaktadır. Bir araştırma, kekik yağı ile yapılan emprenyenin odunun su geçirmezliğini artırdığını ve mekanik dayanıklılığına katkı sağladığını ortaya koymuştur (Sözbir ve ark., 2021). Kekik yağıyla yapılan ahşap muameleleri, çevre dostu bir seçenek sunmaktadır. Geleneksel kimyasal emprenye yöntemlerine kıyasla zehirli etkileri bulunmayan bu yöntem, sürdürülebilir ahşap koruma için önemli bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Sanda ve ark., 1999). Kekik yağı, ahşap malzemelerin iç mekan uygulamalarında tercih edilen bir emprenye maddesi olarak hem dekoratif hem de koruyucu bir işlev görmekte, odunun doğal yapısını bozmadan mantar oluşumunu önlemektedir (Pánek ve ark., 2014).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Karaçam odunu (*Pinus nigra*.), Kahramanmaraş'ta bulunan ticari bir atölyesinden satın alınarak temin edilmiştir. Isıl işlem uygulanacak karaçam odunu örnekleri fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 2x2x3 cm ölçülerinde kesilerek hazırlanmıştır. Kekik yağı ticari olarak satış yapan bir işletmeden alınmıştır. Örneklere uygulanacak emprenye ve termal işlem grupları Çizelge 1' de gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. Karaçam Odununa Uygulanan Modifikasyon Grupları

Grup	**Daldırma (25 C°)**	**Sıcaklık (C°)**	**Süre (saat)**
KK		—	—
D1	5 gün	150	1
D2	5 gün	150	2
D3	5 gün	150	3
D5	5 gün	150	5

Birleşik modifikasyon işlemine tabi tutulan karaçam odunu örneklerinin yoğunluk miktarları TS 2472'ye göre belirlenmiştir.

Kalınlık artımı yüzde olarak ifade edilmiştir ve aşağıdaki 1 nolu formülle hesaplanmıştır.

$$KA\ (\%) = \frac{aa2-aa1}{aa1} * 100 \quad (1)$$

Burada;

KA= Kalınlık artımı (%)

aa1: deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı(mm)

aa2: deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığı (mm)

Su alma miktarı ise 2 nolu formül ile hesaplanmıştır;

$$SA\ (\%) = \frac{bb2-bb1}{bb1} * 100 \quad (2)$$

Burada;

SA= Su alma miktarı (%)

bb1: deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (mm)

bb2: deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığı (mm)

Elde edilen veriler, SPSS paket programında tek yönlü ANOVA analizi ve Duncan karşılaştırma testi yardımı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 2 incelendiğinde birleşik modifikasyon işleminin karaçam odununun farklı sürelerdeki su alma miktarları üzerine etkisi verilmiştir. Birleşik modifikasyon işleminin karaçam odununun su alma miktarlarını, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında tüm gruplarda azalttığı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

görülmektedir. En fazla azalma kekik yağı ile emprenye edilen ve ardından en uzun süre termal işleme tabi tutulan D5 grubundaki örneklerde tespit edilmiştir. D5 grubu örnekleri tüm süreler baz alındığında, en az su alma miktarını sağlayan grup olduğu görülmüştür. Modifiye edilen tüm örnekler incelendiğinde termal süre arttıkça, su alma miktarının azaldığı saptanmıştır.

Yapılan bir araştırmada, atık ayçiçek yağıyla emprenye edilen huş ve kavak odunlarının su geçirmezlik özelliklerinin arttığını gözlemlenmişlerdir. Yapılan işlem, ahşap malzemenin su alma oranını ve kalınlık artışını önemli ölçüde azaltmıştır. İşlem, sıcak-soğuk emprenye yöntemiyle uygulanmış ve odunun su emilimini %52 oranında düşürmüştür (Bel'chinskaya ve ark., 2020; Dmitrenkov ve ark., 2021).

Çizelge 2. Karaçam Odununa Uygulanan Birleşik Modifikasyon Sonrası Su Alma Değerleri (%)

Grup	1 sa	5 sa	1 gün	2 gün	3 gün	4 gün	5 gün
KK	63,262	5,821	11,759	21,561	25,945	28,608	40,481
D1	30,964	5,788	11,708	16,630	23,760	26,786	31,494
D2	30,708	4,917	10,056	15,624	23,432	26,388	27,912
D3	28,111	4,347	9,777	13,664	15,203	17,256	18,411
D5	22,097	3,937	9,203	13,180	14,385	15,824	17,471
p value	*p<0,000*	*p<0,001*	*p>0,05*	*p>0,05*	*p>0,05*	*p>0,05*	*p>0,05*

Karaçam odununa uygulanan birleşik modifikasyon sonrası kalınlık artımı değerleri Çizelge 3' de görülmektedir. Birleşik modifikasyona uğratılan karaçam odunu örneklerinin kalınlık artımı değerleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında tüm gruplarda azalttığı saptanmıştır. En fazla azalma kekik yağı ile emprenye edilen ve ardından en uzun süre ısıl işleme tabi tutulan D5 grubundaki örneklerde belirlenmiştir. D5 grubu örnekleri herbir zaman dilimi baz alındığında, en az kalınlık artımı miktarı sahip grup olduğu tespit edilmiştir. Modifiye edilen tüm örnekler incelendiğinde, ısıl işlemin süresi arttıkça, kalınlık artımı miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Yapılan farklı bir araştırmada, linseed yağı ile emprenye edilen ahşap malzemelerde su alma ve kalınlık artışında önemli azalmalar kaydedilmiştir. Bu tür bitkisel yağlarla yapılan yüzey kaplamaları, malzemenin nem direncini artırarak, ahşabın boyutsal stabilitesini iyileştirmiştir (Bouchikhi-Gérardin ve ark., 2019).

Çizelge 3. Karaçam Odununa Uygulanan Birleşik Modifikasyon Sonrası Kalınlık Artımı Değerleri (%)

Grup	1 sa	5 sa	1 gün	2 gün	3 gün	4 gün	5 gün
KK	15,081	2,957	5,159	5,612	5,604	5,400	5,322
D1	10,532	2,395	3,506	3,597	3,853	3,640	4,045

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

D2	9,846	2,007	3,287	3,354	3,757	3,650	3,477
D3	8,644	1,995	3,080	3,158	3,136	3,180	3,470
D5	8,325	0,875	1,525	1,668	2,209	2,320	1,449
p value	*p<0,000*	*p<0,05*	*p<0,05*	*p<0,05*	*p>0,05*	*p>0,05*	*p>0,05*

Çizelge 4 incelendiğinde birleşik modifikasyon işleminin karaçam odununun yoğunlukları üzerine etkisi verilmiştir. Gruplar incelendiğinde özellikle emprenye işleminin yoğunlukları arttırdığı, termal işlemin süresi arttıkça yoğunlukların azaldığı tespit edilmiştir. Tüm gruplar, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, yoğunluk miktarlarının arttığı belirlenmiştir. En yüksek yoğunluk D1 grubu örneklerde bulunmuştur. Yağ emiliminin ahşabın ağırlığını artırması nedeniyle yoğunluğu da arttırdığı yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (Lee ve ark., 2018). Yapılan farklı çalışmalarda, emprenye sonrasında uygulanan ısıl işlemin yoğunluğu azalttığı bulunmuştur (Sözbir ve ark., 2021). Sözbir ve Bektaş (2017), ısıl işlem modifikasyonunun ahşabın yoğunluğunu azalttığını belirtmiştir.

Çizelge 4. Karaçam Odununun Birleşik Modifikasyon Sonrası Yoğunluk Değerleri(gr/cm^3)

Grup	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Max.
KK	0,562	0,032	0,50	0,61
D1	0,640	0,033	0,58	0,70
D2	0,624	0,037	0,55	0,68
D3	0,622	0,030	0,58	0,67
D5	0,590	0,032	0,54	0,62
p value	*p<0,000*			

Modifiye edilen Karaçam odununun suda bekletme sonrası yoğunluk değerleri incelendiğinde, modifiye edilen grupların yoğunluklarının azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4). Bunun sebebinin, suda bekletme sırasında odunun yapısına tutunamayan kekik yağının odundan uzaklaşması olduğu düşünülmektedir. Bu uzaklaşmaya rağmen tüm grupların yoğunluklarının kontrol örneği yoğunluğundan fazla olduğu saptanmıştır. Bu durum birleşik modifikasyon işleminin, odunun yoğunluğunu kalıcı olarak arttırdığını ve odunun özelliklerini iyileştirdiğini göstermektedir.

Çizelge 5. Modifiye Edilen Karaçam Odununun Suda Bekletme Sonrası Yoğunluk Değerleri(gr/cm^3)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Grup	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Max.
KK	0,573	0,032	0,51	0,61
D1	0,599	0,020	0,55	0,62
D2	0,585	0,037	0,51	0,64
D3	0,584	0,028	0,54	0,62
D5	0,582	0,027	0,53	0,61
p value	*p>0,05*			

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Karaçam odununun kekik yağı ile emprenyesi ve ardından uygulanan ısıl işlem muamelesinin odununun fiziksel özellikleri üzerine etkisi sonucunda;

- Modifikasyon sonrasında karaçam odununun su alma değerleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında 1. günden 5. güne kadar bu değerlerin emprenye ve termal işlem modifikasyonu ile azaldığı belirlenmiştir. Bu azalmanın en yüksek bulunduğu grup termal işlemin en uzun süre uygulandığı grupta saptanmıştır.
- Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, yapılan birleşik modifikasyon işlemi karaçam odununun suda bekletme sonucunda meydana gelen kalınlık artımı değerlerini, baz alınan her gün için azalttığı ve en az boyutsal değişimin en uzun süre termal işleme tabi tutulan gruplarda tespit edilmiştir.
- Yapılan birleşik işlemin karaçam odunu örneklerinde yoğunluk değişimi incelendiğinde, kekik yağı ile emprenye işleminin odunun yoğunluğunu arttırdığı belirlenmiştir. emprenyeli örneklere uygulanan termal işlem ise bir miktar yoğunluğu azaltıcı bir etkiye neden olmuştur.
- Birleşik işlemin karaçam odunu örneklerinde 5 gün suda bekletme sonrasındaki yoğunluk değişimi incelendiğinde, kontrol örneğine göre modifikasyonlu örnek yoğunluklarının yüksek olduğu ayrıca termal işlem sayesinde, kekik yağının odunun yapısına tutunduğu görülmüştür.

Yapılan işlemin çevre ve insan sağlığına zararlı etkisi olmayan işlem ve bitkisel yağ ile muamelesinin, odunun fiziksel özelliklerinden su alma davranışını iyileştirdiği ve yoğunluğunu arttırdığı yapılan çalışmadan anlaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

Bel'chinskaya, L. I., Dmitrenkov, A., & Zhuzhukin, K. (2020). Comparison of efficiency of natural and synthetic impregnating compositions for birch wood. *Materials Science*, 8(1), 193–198. https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ ID:239d57f0f586133b65022783d0583805fc9e2d43.

Bouchikhi-Gérardin, A., Brizou, A., Becquart, F., Abriak, N., & Garcia-Diaz, E. (2019). Comparative study of different linseed oil treatments on wood and hemp. *International Conference on Bio-Based Materials*, 9, 36–42. https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ID:827c64735d4df45ded53fb281579164e34934445.

Dmitrenkov, A., Nikulina, N., Nikulin, S., & Vostrikova, G. (2021). Ways to improve the properties of natural wood when using waste vegetable oils. *Environmental Research Advances*. Retrieved from https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ID:6953e3d9d5815977ed7a82a2aeffe449492f384c.

Lee, S. H., Ashaari, Z., Lum, W. C., Halip, J., Ang, A., Tan, L. P., & Chin, K. (2018). Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials*. http://umkeprints.umk.edu.my/10562/1/Thermal%20treatment%20of%20wood%20using%20vegetable%20oils_a%20review.pdf.

Lu, Z. (2014). High-gloss environment-friendly natural wood oil and preparation method thereof. *Journal of Eco-Friendly Technologies*. Retrieved from https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ID:be71733eb997f6c1385f57c732e2adb9a1b1dc38.

Pánek, M., Reinprecht, L., & Hulla, M. (2014). Ten Essential Oils for Beech Wood Protection - Efficacy Against Wood-destroying Fungi and Moulds, and Effect on Wood Discoloration. *BioResources, 9*(3), 5588-5603. https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_09_3_5588_Panek_RH_Essential_Oils_Wood_Protection_5577.pdf.

Sözbir, G. D., and Bektaş, İ. B. (2017). "The effect of heat modification and densification on physical properties of poplar wood," Drvna industrija: Znanstveni Časopis za Pitanja Drvne Tehnologije 68(4), 315-321. DOI: 10.5552/drind.2017.1719

Sözbir, G. D., Bektas, I., Ak, A., & Erkan, S. (2021). Pine Wood Modification via an Antifungal Oil – Heat Treatment and its Effect on Annual Wood Rings. *BioResources, 16*(3), 4731-4742.https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ID:56eb0e5c5a6af64797afcfaffeff1871f7429de7.

Sanda, K., Koba, K., Walla, B., Akpagana, K., Garneau, F., Gagnon, H., & Jean, F. (1999). Aeollanthus pubescens Benth. A Potential Source of Thymol-rich Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research*. https://app.scholarai.io/paper?paper_id=SS_ID:5e9e2307f6f1c2a393412434a726ea75462ad672.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KOMPOZİT MALZEMELERDE LAZER AŞINDIRMA İŞLEMİNİN SAYISAL ANALİZ İLE İNCELENMESİ[1]

Öğr. Gör. Hasan İlker ÇELİKER
Kocaeli Üniversitesi/Havacılık Bilimi ve Teknolojileri ABD, İstanbul Gelişim Üniversitesi,
hasanilkerceliker@gmail.com - 0000-0001-7745-3161

Doç. Dr. Belgin GENÇ ÖZTOPRAK
Kocaeli Üniversitesi/Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi,
genc13@gmail.com - 0000-0002-4735-3992

ÖZET
Kompozit malzemeler, günümüz havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Uçağın bakım onarımında, yüzey boyasının düzenli olarak temizlenmesi ve yeniden boyanması gereklidir. Üstün performans ve hafiflik özellikleri nedeniyle tercih edilen kompozit malzemelerde, lazer ile aşındırma teknolojisi kullanılarak yüzeyden temizleme yapılmaktadır. Lazerle boya aşındırma mekanizması termal bir süreç olup, boya yüzeyi ışınlandıktan sonra, kaplama lazer enerjisini emerek alt tabaka yüzeyinden hızla ayrışmasıyla gerçekleşir. Yapılan işlemdeki en önemli faktör, malzeme yüzeyinde veya içinde emilen sıcaklık artışıdır. Sıcaklık artışı anlık olduğundan deneysel çalışma öncesinde, kullanılacak lazer parametreleri ve malzemeler arasındaki etkileşim sonlu elemanlar yöntemi metodu kullanılarak incelendi.
Malzemede, karbon elyaf takviyeli polimer üzerinde boya tabakası mevcuttur. Çalışmanın amacı, farklı lazer tarama hızları altında boya aşındırma işlemi sırasında, meydana gelen sıcaklık dağılımını ve termal deformasyonu inceleyerek, yapılacak temizleme çalışması için ana malzemeye zarar gelmeden en uygun lazer parametrelerinin seçilmesini sağlayabilmektir. Parametrelerin yanlış ayarlanması, fiberlerin zarar görmelerine sebep olabilir. Yapılan çalışmada farklı lazer gücü ve tarama hızlarında analizler gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda, kullanılan lazerin özelliklerine bağlı olarak yüksek hız ve güçte lazer ışınının boya aşındırma işlemi gerçekleştirmesinin yanı sıra ana malzemeye de hasar verdiği ve termal deformasyon meydana geldiği gözlenmiştir. Lazer ile boya aşındırma işlemi için lazerin gücü, lazerin boyayı aşındırma hızı ve frekans parametrelerinin ayarlanması için ön çalışma gerçekleştirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Kompozit Malzemeler, Boya Aşındırma, Nümerik Simülasyon, CFRP

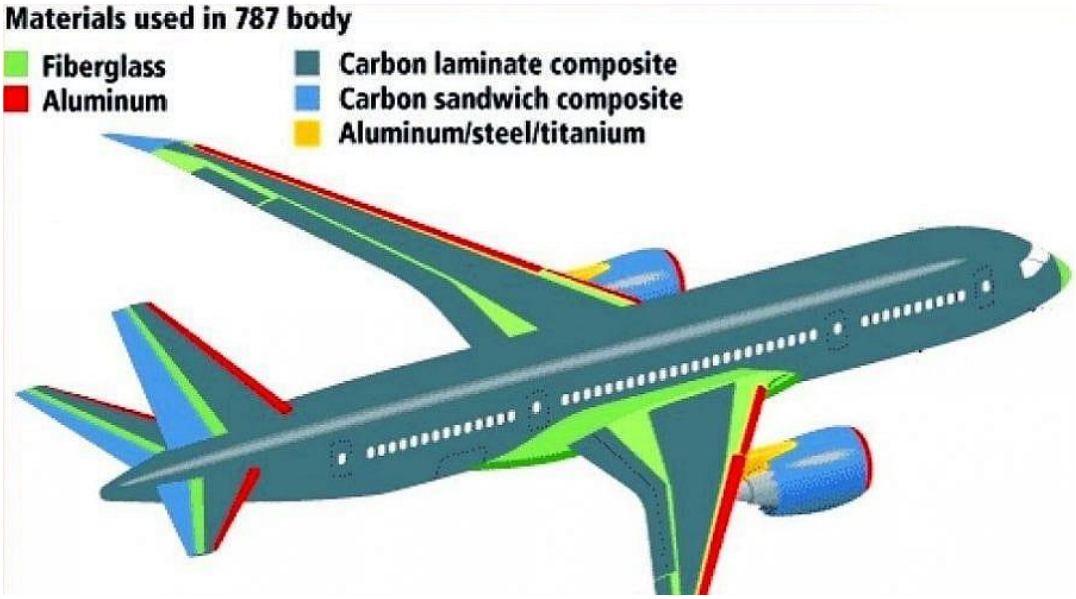
1. GİRİŞ

Karbon elyaf takviyeli polimer kompozitler (CFRP), olağanüstü özgül mukavemet, özgül sertlik ve yorulma direnci nedeniyle havacılık ve uzay üretiminde yaygın olarak

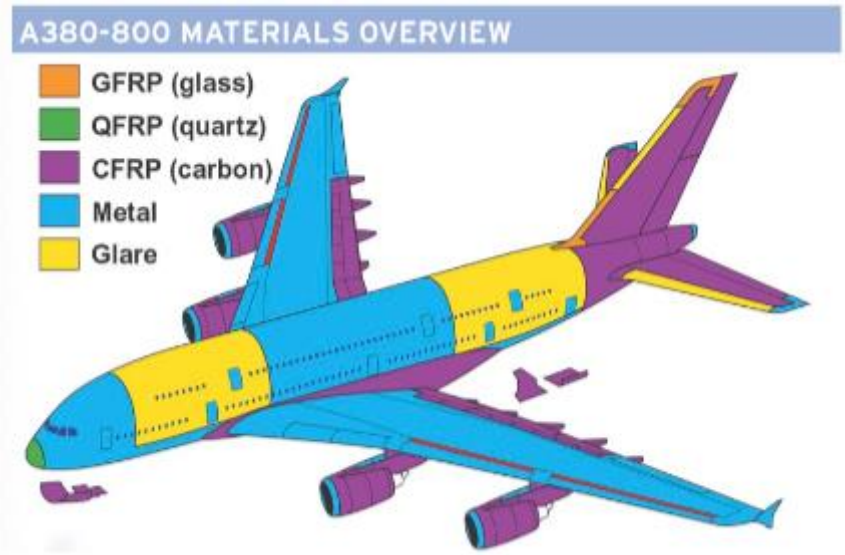
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

uygulanmaktadır. Aynı zamanda, CFRP yüzeylerinden boya aşındırma işlemi daha önce görülmemiş bir ilgi görmektedir. Lazerle temizleme şu anda ağırlıklı olarak havacılık alüminyum alaşımlı malzemelerine odaklanmıştır ve iyi temizleme sonuçları elde etmiştir. Kompozit malzemeler için lazerle temizleme konusundaki araştırmalar hala sınırlıdır [1].

Bu çalışmanın amacı, farklı lazer tarama hızları altında boya aşındırma işlemi sırasında, meydana gelen sıcaklık dağılımını ve termal deformasyonu inceleyerek, yapılacak temizleme çalışması için ana malzemeye zarar gelmeden en uygun lazer parametrelerinin seçilmesini sağlayabilmektir.



Görsel 1. Boeing 787 Uçak gövde yapısında kullanılan malzemeler [2]



Görsel 2. A380-800 Uçak gövde yapısında kullanılan malzemeler [3]

Şimdiye kadar, kompozit yüzeylerin lazerle temizlenmesi esas olarak uçak kaplaması onarım ve bakımında rapor edilmiş ve bu alanda ilk ilerlemeler kaydedilmiştir [4].

Zhan X ve arkadaşları, lazer yüzey temizliğinin CFRP'nin yüzey mikroyapısı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Lazer parametrelerinin yüzey morfolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve elde edilen sürekli ve sağlam CF'lerin yapışkan bağlanma lehine olduğu belirtilmiştir [4].

Zhao ve diğerleri, CFRP yüzeylerinden boyayı çıkarmak için lazerle boya çıkarma işleminin uygulanabilirliğini doğrulamak için nanosaniye lazer kullanmıştır. Ayrıca CFRP'nin mekanik özelliklerinin ve yüzey ıslanabilirliğinin iyileştirildiği bulunmuştur [5].

He tarafından, karbon fiberler ve reçine matrisi arasındaki ısı transfer sürecini simüle etmek için, heterojen bir fiber-matris ağ modeli üzerinde malzeme kaldırma için sonlu elemanlar yöntemine dayanan sayısal bir model kurulmuştur. Yazar, lazer enerji yoğunluğunun, nokta örtüşme oranının ve bitişik tarama aralığının malzeme kaldırma ve alt tabaka tepe sıcaklığı üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Sonuçlar, darbeli lazer boya çıkarma işlemi sırasında reçine tabakası ve heterojen malzeme üzerinde iki yüksek sıcaklık bölgesinin oluştuğunu göstermektedir. Ek olarak, alt tabakanın sıcaklık artışı, bitişik darbe enerjisinin süperpozisyonu ile önemli ölçüde artırılabilir [6].

CFRP malzemelerin ve kaplamaların farklı termal özellikleri nedeniyle, lazer ışınlaması ısı emilimini, ısı transferini ve ısıdan etkilenen bölgeyi (HAZ) farklı derecelerde etkiler. Yanlış ayarlanmış lazer parametreleri kolayca fiber etkileşimine neden olabilir [6].

2. MALZEME VE YÖNTEM

Araştırma nesnesi olarak Çizelge 3'de gösterilen 40 µm kalınlığında CFRP yüzeyli üç boyutlu yapı seçilmiş ve modelde kullanılan boyutlar 150 µm × 150 µm ×50 µm olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 1. Boya ve CFRP için termo-fiziksel özellikler

Malzeme Parametreleri	**Boya**	**Karbon Fiber**
Yoğunluk (kg/m^3)	1450	1850
Özgül ısı (J/kg.K)	2500	710
Termal iletkenlik (W/m.K)	0.3	50 (paralel), 5 (dik)
Absorbsiyon katsayısı (1/m)	8.9x10^4	
Ayrışma sıcaklığı (ºC)	450	850

Çalışmada kullanılacak olan nanosaniye fiber lazerin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Nanosaniye Fiber Lazer Teknik Özellikleri

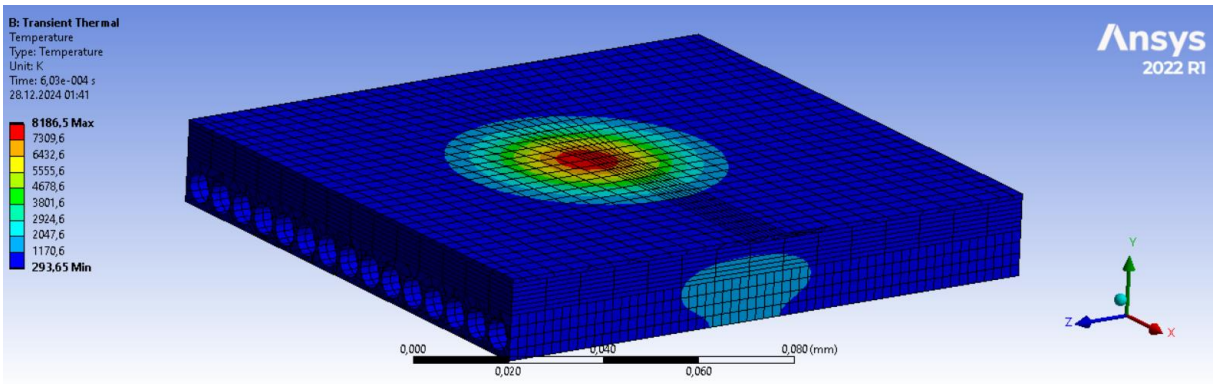
Lazer Parametresi	**Değer**
Dalga boyu	1064 nm
Frekans	80 kHz
Darbe genişliği	100 ns
Ortalama Güç	50 W
Tarama Hızı	1500 mm/s

Yapılan çalışmada hız ve güç parametrelerinde değişiklik yapılarak, modelde meydana gelen ısı dağılımları ve termal deformasyonlar incelenmiştir. Kullanılan parametreler Tablo 3'de gösterilmiştir.

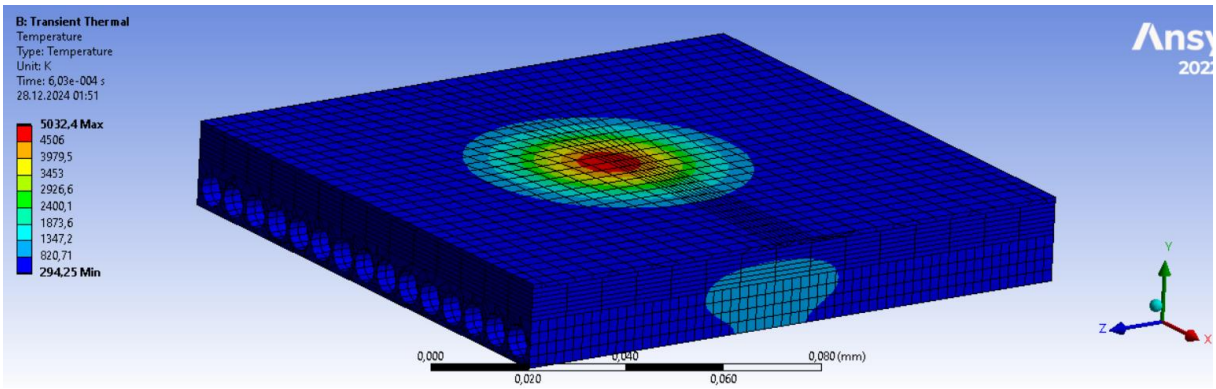
Çizelge 3. Kullanılan Lazer Parametreleri

Örnekler	Tarama Hızı (mm/s)	Güç (W)	Birikmiş Lazer Akıcılığı (J/cm^2)
A1	100	50	2251
A2	100	30	1351
A3	100	10	450
A4	500	50	450
A5	500	30	270
A6	500	10	90
A7	1000	50	225
A8	1000	30	135
A9	1000	10	45
A10	1500	50	150
A11	1500	30	90
A12	1500	10	30

Örnekler üzerinde yapılan analiz çalışmasında elde edilen sonuçlar görsellerde verilmiştir.

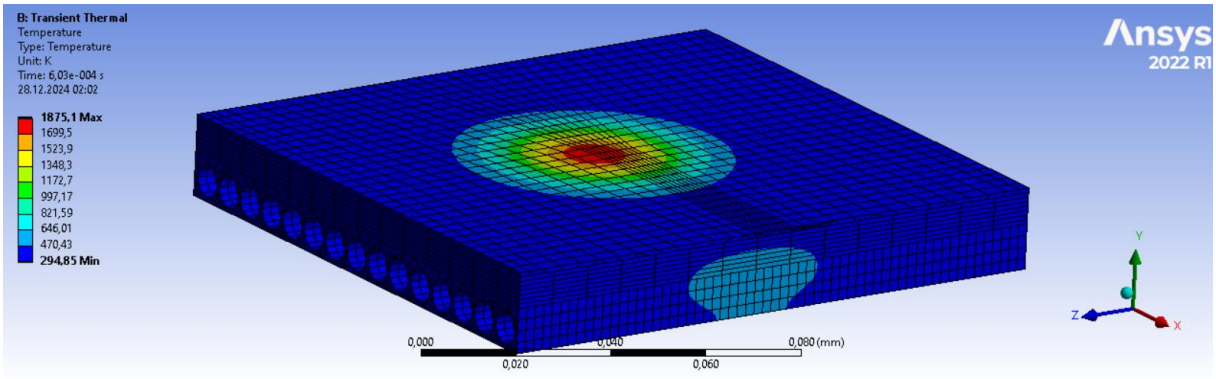


Görsel 3. 100 mm/s tarama hızı ve 50 W güçte tek atımda meydana gelen sıcaklık dağılımı

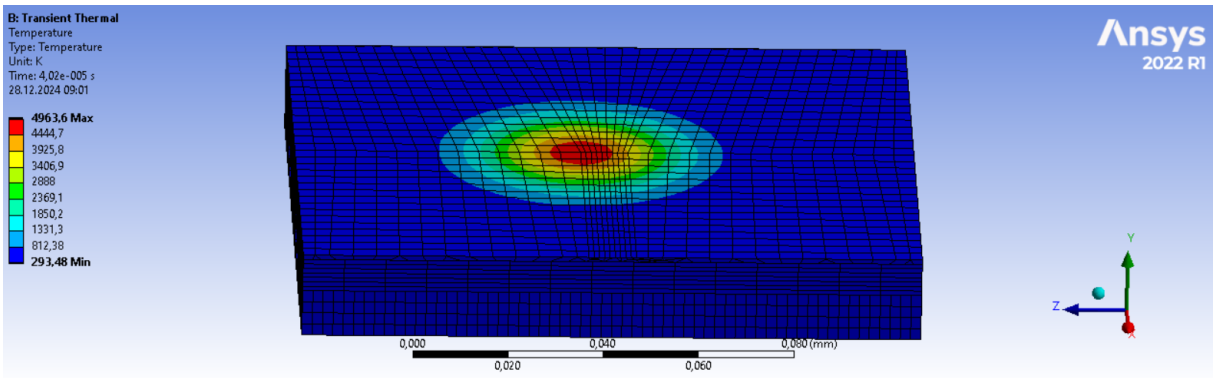


Görsel 4. 100 mm/s tarama hızı ve 30 W güçte tek atımda meydana gelen sıcaklık dağılımı

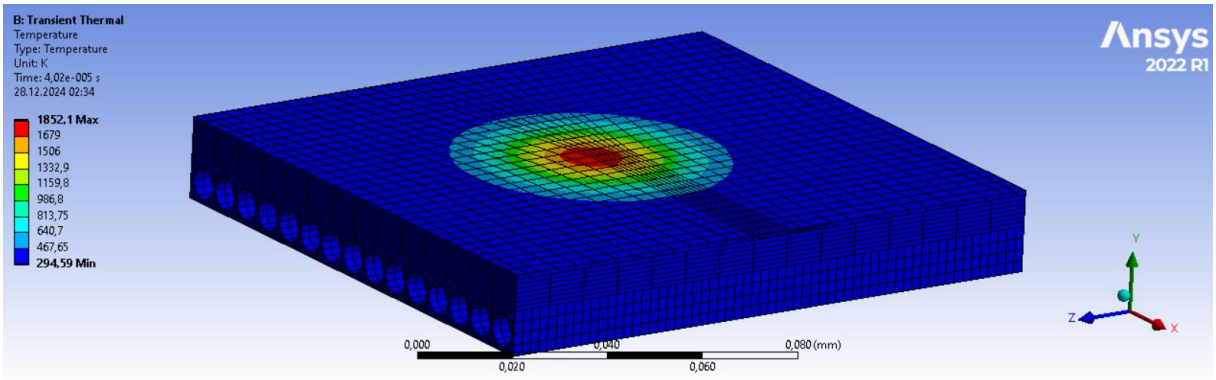
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 5. 100 mm/s ve 10 W güçte tek atımda meydana gelen sıcaklık dağılımı



Görsel 6. 1500 mm/s ve 30 W güçte tek atımda meydana gelen sıcaklık dağılımı



Görsel 7. 1500 mm/s ve 10 W güçte tek atımda meydana gelen sıcaklık dağılımı

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Ansys programında yapılan tek atımlı analizde görülmüştür ki, aynı tarama hızında lazer gücü azaldıkça, malzemeye etki eden sıcaklıkta azalma meydana gelmektedir. Malzemeye etki eden sıcaklık en yüksek 8186,5 K olarak 100 mm/s ve 50 W güçte gerçekleşmiş, en düşük sıcaklık 1500 mm/s hız ve 10 W güçte gözlenmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yapılan çalışmada, boya aşındırma mekanizması için kullanılacak olan lazerin parametrelerinde değişiklik yapıldığında, boyaya etki eden sıcaklıkta değişiklik gözlendiği saptanmıştır.

.

KAYNAKÇA

1. Junyi Gu, Xuan Su, Wengin L, Yang Jin, Jie Xu, Bin Guo, Process and Mechanism of Paint Stripping on CFRP by UV Nanosecond Laser, Optics & Laser Technology, Vol. 171, 2024.

2. Savunma Bilimleri Dergisi The Journal of Defense Sciences Kasım/November 2015, Cilt/Volume 14, Sayı/Issue 2, 77-109.

3. https://www.flightglobal.com/creating- a-titan/60787.article , 07.05.2020

4. Gao Q., Li Y., Wang H., Liu W., Shen H., Zhan X., (2019), Effect of Scanning Speed with UV Laser Cleaning on Adhesive Bonding Tensile Properties of CFRP, Applied Composite Materials Volume 26.

5. Z. Zhao, X. Liu, J. Yang, W. Pan, Y. Li, F. Liang, Y. Tian, L. Liu, F. Song, (2023), Shape evolution and characteristics of carbon fiber reinforced polymer surface in laser ablation, Vacuum Volume 217.

6. Yang H., Liu H., Gao R., Liu X., Yu X.,Song F., (2022), Numerical simulation of paint stripping on CFRP by pulsed laser, Optics and Laser Technology Volume 145.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DENİZ KABUĞU KULLANIMININ SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ SIR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Beste Bultan TUNA
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
beste.tuna@creavit.com.tr - 0000-0002-6097-3002

İrem ALTINOK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
irem.altinok@creavit.com.tr - 0000-0001-9217-6502

Sezer KULLUK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
sezer.kulluk@creavit.com.tr - 0009-0009-9631-5368

Orçun ZIRTIL
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
orcun.zirtil@creavit.com.tr - 0009-0007-4277-5049

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Seramik sağlık gereçleri (SSG) ürünleri, banyolarda ve diğer hijyenik alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmış, seramik malzemelerden yapılan, klozet, lavabo, hela taşı, pisuvar ve bide gibi malzemeleri barındıran ürün grubunu temsil etmektedir. SSG üretiminde inorganik yapıya sahip olan kil, kaolen, feldspat ve kuvars ana bileşenlerini içeren SSG bünye ve bu bünyenin üzerinde feldspat, kuvars, zirkon, çinko vb. hammaddelerin kullanıldığı camsı faza sahip çok daha ince bir katman olan SSG sırı bulunmaktadır. Camsı fazın oluşumda CaO kaynağı olarak sıklıkla kalsit kullanılır. Bunun sebebi ise, pişirim esnasında kalsiyumun sırın ergime sıcaklığını düşürmesi, uniform bir yüzey dağılımı oluşmasına katkısı ve kimyasal olarak stabilite sağlamasıdır. Bu çalışmada ticari olarak temin edilen deniz kabuğunun karakterizasyonu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapılmıştır. SSG sır reçetesinde CaO kaynağı olarak kalsit yerine deniz kabuğu kullanımı araştırılmıştır. Standart bir reçete fazı içerisindeki kalsit ve deniz kabuğu kullanılarak dört farklı reçete oluşturulmuştur. Bu SSG reçetelerinden benzer tane boyut dağılımlarına sahip sır kompozisyonları hazırlanmıştır, tane boyut dağılımları ise lazer difraksiyonu partikül boyut analiz cihazı ile analiz edilmiştir. Ergime özellikleri ısı mikroskobu, termal genleşme özellikler ise dilatometre vasıtasıyla tayin edilmiştir. Vitrifiye bünye üzerine sabit sır kalınlığında sırlanan plakaların renk, parlaklık (gloss) ve yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir ayrıca sır akma rampası kullanılarak sır akma performansları incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Seramik sağlık gereçleri, deniz kabuğu, kalsit, alternatif hammadde.

1. GİRİŞ

Seramik Sağlık Gereçleri (SSG) tüm kamusal alanlarda, evlerde yer alan ve günlük hayatın temel ihtiyaçlarından birini karşılama amacıyla kullanılan ürün gruplarını kapsamaktadır. Klozet, lavabo, pisuvar, hela taşı gibi ürünleri içeren bu grup, inorganik malzemelerden oluşan bir Seramik Sağlık Gereçleri Bünye (SSG Bünye) ve Seramik Sağlık Gereçleri Sırı (SSG Sırı) içeren bir yapıya sahiptir. SSG Bünye, ürünün ana kütlesini ve iskeletini oluştururken; SSG Sırı ise SSG bünye üzerine uygulanan ince bir camsı katmanı temsil etmektedir. SSG bünyesinde kullanılan hammaddeler kil, kaolen, feldspat ve silis kumu; SSG sırında kullanılan hammaddeler ise feldspat kuvars, zirkon, çinko vb. olup, camsı faz oluşumunda da CaO kaynağı olarak genellikle kalsit kullanılmaktadır [1-2].

Deniz kabukları, özellikle kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat ve silis dioksit gibi mineraller bakımından zengindir. Bu mineraller, seramik sırlama işlemlerinde kullanıldığında, sıvı ve katı bileşenlerin sinerjik etkileşimlerini değiştirerek seramiklerin yüzey yapısını ve özelliklerini iyileştirebilir. Deniz kabuklarının bu mineral içerikleri, seramik sırlara eklenerek daha pürüzsüz, dayanıklı ve estetik yüzeyler elde edilmesine yardımcı olabilir. Kalsiyum karbonat gibi bileşikler, özellikle biyolojik uyumluluk açısından önemli olup, seramiğin hücrelerle etkileşimini olumlu yönde etkileyebilir [2].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Deniz kabukları, seramik sağlık gereçlerinde sırlama malzemesi olarak kullanıldığında, sırlı yüzeyin kimyasal bileşenlerini değiştirir ve bu da sırlı yüzeyin fiziksel ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilir. Deniz kabuğundan elde edilen kalsiyum karbonat, sıvı ve katı fazlar arasındaki etkileşimleri optimize ederek seramiğin daha güçlü ve homojen bir sıvı tabakaya sahip olmasını sağlar [2]. Ayrıca, deniz kabukları seramik sırlara antibakteriyel özellikler de kazandırabilir. Kalsiyum karbonatın yüzey yapısındaki değişiklikler, bakteri ve diğer mikroorganizmaların yüzeyde tutunmasını zorlaştırır, bu da seramiğin hijyenik özelliklerini artırır [3].

Sırlı seramiklerin yüzey pürüzlülüğü, mikroorganizmaların tutunması ve enfeksiyon riskinin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Deniz kabukları, sırlı yüzeyin pürüzlülüğünü ve sertliğini artırabilir, bu da bakteri ve mikroorganizmalara karşı daha dirençli yüzeyler oluşturur. Ayrıca, deniz kabukları seramiklerin daha estetik bir görünüme sahip olmasına da katkıda bulunur, çünkü sırlı yüzeyde doğal bir parlaklık ve şeffaflık yaratabilir [4].

Ayrıca, deniz kabuklarından elde edilen kalsiyum karbonat ve diğer mineraller, seramiklerin antibakteriyel özelliklerini de güçlendirebilir. Özellikle, bakteri kolonizasyonunu engelleyerek enfeksiyon risklerini azaltan deniz kabuğu bileşenleri, tıbbi uygulamalarda seramiklerin daha güvenli hale gelmesini sağlar. Şu anda yapılan çalışmalar, deniz kabuğu katkılı seramiklerin antibakteriyel etkinlik gösterdiğini ve bakterilerin çoğalmasını engellediğini göstermektedir [5]

Deniz kabukları, başta gıda sektörüne olmak üzere atıkların değerlendirmesi açısından önemli bu duruma sahiptir. Kalsiyum Oksit (CaO) kaynağı olarak kullanılan kalsit, pişirim prosesinde ergime sıcaklığını düşürerek enerji verimliliği sağlamak hem de kimyasal olarak stabilite sağlamak vb. özellikler olmak üzere birçok katkısı bulunmaktadır. Bu çalışmada standart bir SSG sırında kalsit yerine alternatif bir hammadde olarak deniz kabuğu kullanılmıştır. Bu camsı faz hem estetik bir görüntü kazandırırken hem de hijyen özelliği kazandırmaktadır Bu özellikler son zamanlardaki yenilikçi başarıların arasında yer almaktadır. Böylece kalsit ve deniz kabuğu kombinasyonlarının kullanıldığı reçetelerde sırın hazırlama işlemlerinde kullanılan değirmen fazında benzer tane boyut dağılımlarının elde edilmesi, ergime sıcaklıkları, termal genleşme özellikleri incelenmiştir [6].

Ayrıca hazırlanan sır reçeteleri SSG bünye üzerine eş kalınlıklarda uygulanmış ve yüzey özellikleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme renk, parlaklık (gloos), yüzey pürüzlülüğünü içermekle birlikte pişme esnasında sır akma davranışları ise sır akma rampası vasıtasıyla

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

incelenmiştir. Böylede SSG sırlarında CaO kaynağı olarak kalsit yerine deniz kabuğu kullanılması karşılıklı olarak değerlendirilmiştir. Böylece günümüzün en önemli konu başlıklarından biri olan sürdürülebilir hammadde arayışları çerçevesinde SSG sektörü başta olmak üzere tüm seramik sektörüne alternatif bir hammadde kazandırılması hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada SSG sır reçetelerinde kalsit yerine deniz kabuğunun kullanımına yönelik deneysel analizler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle ticari olarak temin edilen deniz kabuğunun kimyasal karakterizasyonu Rigaku ZSX PrimusIV ile mineralojik karakterizasyonu ise Malvern Panalytical Aeris ile yapılmıştır. Karakterizasyonu yapılan deniz kabuğu, öncelikle öğütme işlemine tabi tutulmuştur ve standart bir seramik sağlık gereçleri referans reçetesinde %15 oranında kullanılan kalsit yerine %5, %10 ve %15 oranlarında kullanılarak şahit ile birlikte dört farklı SSG sır kompozisyonu elde edilmiştir. Sır komposizyonlarının hazırlanmasında da uygulanan öğütme işlemi Öğütme işlemi, Ceramic Instruments marka SD/2 1000 model jet değirmenlerde gerçekleştirilmiştir. Öğütme sonrasında, 100 x 150 mm boyutlarında kurutulmuş vitrifiye bünye yüzeyine pistole yöntemiyle sır uygulanmıştır. Sırlama işlemi tamamlanan plakalar, işletme koşullarında tünel fırında pişirilmiştir. Pişirilen plakaların renk ve parlaklık (gloss) ölçümleri, Konica Minolta marka CM-26dG model cihaz ile 10°/D65 SCI ölçüm yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Isıl genleşme değerlerinin belirlenmesi için, değirmenden alınan sırlardan hazırlanmış dilatometre çubukları ile plakalar birlikte pişirilmiştir. Isıl genleşme ölçümleri, NETZSCH marka DIL 402 Expedis CL model dilatometre ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, değirmenden elde edilen sırlardan kurutulmuş örnekler kullanılarak sırın ergime sıcaklıkları, ELS marka MV model Isı Mikroskobu/Optik Dilatometre cihazıyla tespit edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

SSG sırlarından kullanılan kalsit hammaddesinin ve ticari olarak elde edilen deniz kabuğunun ve kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır (Çizelge 1). CaO oranı kalsit içerisindeki orana

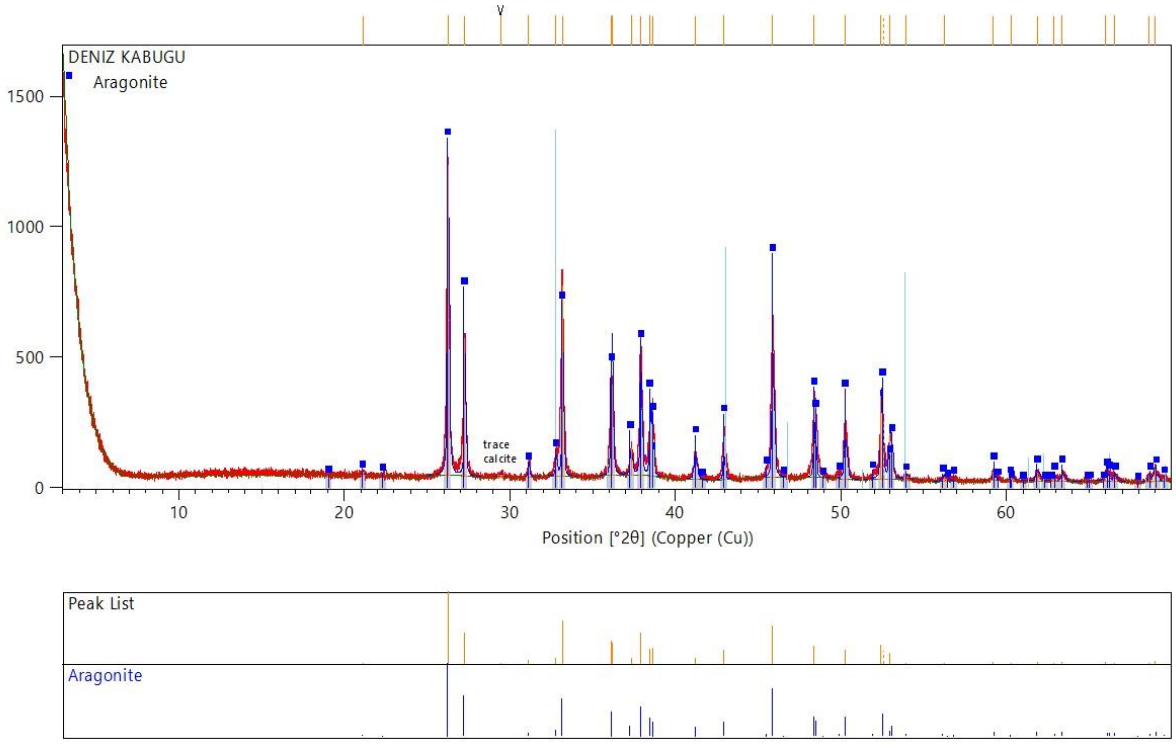
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

benzer şekilde %52,61 çıkarken, silika, alümina ve MgO oranlarında bir miktar farklılık görülmüştür. Hazırlanan reçetelerde bu değişimler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 1. Kalsit ve Ticari olarak edilen Deniz Kabuğunun Kimyasal Karakterizasyonu.

Numune	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3	LOI
Kalsit	0,19	0,09	0,068	55,69	0,68	0	0,01	43,21
Deniz Kabuğu	1,32	0,57	0,017	52,61	0,05	0,34	0,03	44,82

Deniz kabuğuna yapılan X ışınları kırınım analizi sonucu incelendiğinde kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) en yaygın formlarından biri olan Aragonite rastlanılmıştır (Görsel 1.). Aragonite referans kartındaki piklerle, deniz kabuğuna ait pikler örtüşmüştür.



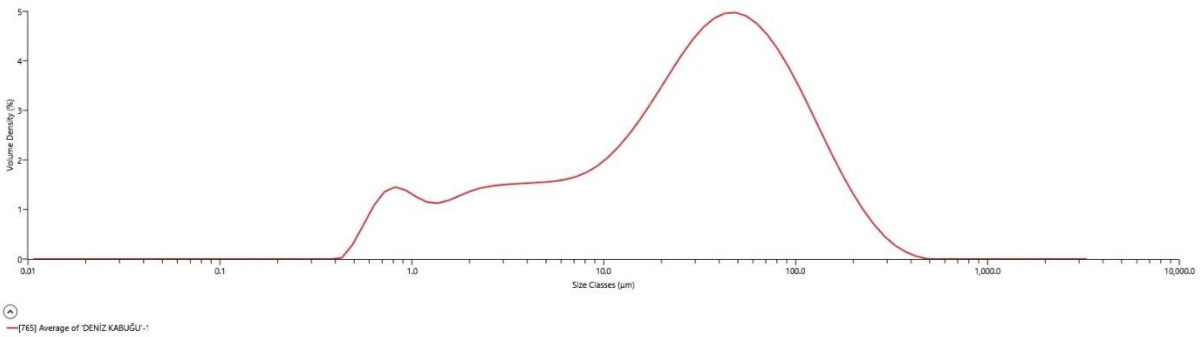
Görsel 1. Ticari olarak edilen deniz kabuğunun XRD analizi ile karakterizasyonu.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ticari olarak temin edilen deniz kabuğunun öğütülmesi ile ilgili olarak öğütme ortamı alümina bilya olan jet değirmen kullanılmış olup 60 dk'lık öğütme işlemine tabi tutulmuş ve tane boyut dağılımı ölçülmüştür. (Çizelge 2, Görsel 2). Tane boyutu genel olarak reaksiyona girecek yüzey alanını etkilemesi, sırlamada renk, parlaklık vs özellikleri etkileyebildiği için önceki çalışmalardan elde edilen tecrübelere dayanılarak Çizelge 2'de verilen özelliklere öğütülmüştür. Görsel 2'de öğütülen deniz kobuğu tozlarına ait tane boyut dağılım histogramı verilmiş olup, trimodal boyut dağılımı ve kümelenmesi gözlenmiştir. 1 mikron, 2-3 mikron ve 100 mikron civarı olan boyutsal yığılmalar genel olarak geniş bir boyut dağılımını göstermiştir. Bununla birlikte submikron boyutlara inildiği zaman ekstra bir önlem alınmazsa "fresh surface" etkisi olarak bilinen yapışma temayülü sebebiyle incelen tozların bir birine yapışması da lazer ölücüm yöntemlerinde çözünememe durumunda yeni bir iri tane olarak görülebilir. 100 mikronluk taneler bu duruma atfedilebilir.

Çizelge 2. Ticari olarak edilen Deniz Kabuğunun Öğütme İşlemi Sonundaki Tane Boyut Dağılım Verileri.

Numune	Sarj Süresi (dk.)	Tane Boyut Dağılımı		
		d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)
Deniz Kabuğu	60	1,83	30	118



Görsel 2. Ticari Olarak Edilen Deniz Kabuğunun Tane Boyut Dağılım Grafiği.

Standart bir SSG sırının Referans olarak tanımlandığı ve içerisinde %15 kalsit içerdiği göz önünde bulundurulduğunda, kalsit miktarının azaltıldığı deniz kabuğu miktarının arttırıldığı toplam dört kompozisyon hazırlanmıştır (Çizelge 3).

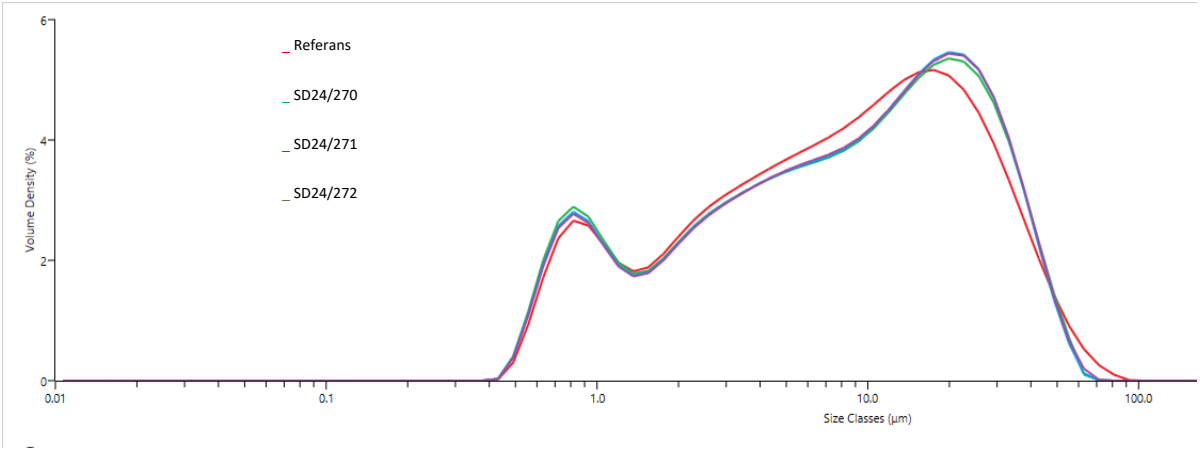
Çizelge 3. Reçete Kompozisyonları.

	Referans (%)	**SD24/270 (%)**	**SD24/271 (%)**	**SD24/272 (%)**
Reçete Fazı	85	85	85	85
Kalsit	15	10	5	-
Deniz Kabuğu	-	5	10	15
Toplam	**100**	**100**	**100**	**100**

Hazırlana reçete kompozisyonlarının homojen hale getirilmesi amacıyla yapılan öğütme işlemi sonundaki öğütme koşulları ve tane boyut dağılımları belirlenmiştir. Tüm reçete kompozisyonlarına eş miktarda sarj süresi verilmiş olmasına rağmen, benzer tane dağılımları gözleniş olmasına rağmen, referans sırının tane boyut dağılımının nispeten daha düşük olduğu gözlenmektedir (Çizelge 4.)

Çizelge 4. Hazırlanan Sır Kompozisyonlarının Öğütme İşlemi Sonundaki Tane Boyut Dağılım Verileri.

Numune	**Sarj Süresi (dk.)**	**Tane Boyut Dağılımı**		
		d(0,1)	**d(0,5)**	**d(0,9)**
Referans	30	1,07	8,33	30,3
SD24/270	30	0,995	8,33	30,8
SD24/271	30	1,02	8,76	30,7
SD24/272	30	1,03	8,82	30,9



Görsel 3. Hazırlanan Sır Kompozisyonlarının Tane Boyut Dağılım Grafiği.

Hazırlanan bu sırları SSG Bünye olarak seçilen Vitrifiye bünye üzerinde sırlama yapılarak pişirim yapılmıştır (Görsel 4).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Pişmiş plaka görselleri.

Pişirim yapılan plakaların renk, parlaklık (gloss) ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür (Çizelge 5). Pişirim esnasındaki sır akma boyları ise sır akma rampası vasıtasıyla ölçülmüştür. Sır akma boyları referans sır için 35 mm., SD24/270 için 34 mm., SD24/271 için 36 mm., SD24/272 için 37 mm. olarak tespit edilmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Deniz kabuğu kullanımının SSG sırlarında kullanılmasıyla, istenen tane boyut aralığında ve istenen renk ve gloss (parlaklık) değerlerinin sağlandığı tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü, genleşme ve ısı mikroskobu verileri de incelendiğinde referans sırla benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Böylece sürdürülebilir hammadde arayışları çerçevesinde SSG sektöründeki, SSG sırlarında deniz kabuğunun kullanılabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. Karasu B., Yüksel G., Uysal N. (2020) The Recent Developments in Ceramic Glazes, Türkiye Seramik, 45(3), 116-128.
2. Nakashima, K., Okamoto, M., & Saito, T. (2015). Influence of marine shell powders on the properties of ceramic glazes. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 123(1), 17-23.

3. Shimizu, N., Kato, T., & Suzuki, M. (2017). Antibacterial effects of calcium carbonate derived from seashells on ceramic materials. *Journal of Applied Ceramic Technology*, 14(3), 451-457.

4. Dweck, J. M., Meira, A. A., & Silva, F. M. (2020). The impact of seashell-derived materials in ceramic applications for healthcare. *Ceramics International*, 46(12), 18492-18497.

5. Hiraga, H., & Ito, T. (2020). Effects of calcium carbonate in dental ceramics: Applications of marine-derived materials. *Dental Materials Journal*, 39(6), 880-887.

6. Badayman M, Kasapoğlu Dinçel E. (2023) Midye kabuğunun özellikleri ve tozunun değerlendirilmesi., ABMYO Dergisi, 68.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ALTERNATİF HAMMADDE OLARAK PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN SERAMİK SIRLARINDA KULLANIMI VE PERFORMANS ANALİZİ

İrem ALTINOK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
irem.altinok@creavit.com.tr - 0000-0001-9217-6502

Sezer KULLUK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
sezer.kulluk@creavit.com.tr - 0009-0009-9631-5368

Beste Bultan TUNA
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
beste.tuna@creavit.com.tr - 0000-0002-6097-3002

Orçun ZIRTIL
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
orcun.zirtil@creavit.com.tr - 0009-0007-4277-5049

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Sürdürülebilir malzeme kullanımı ve atık yönetimi, seramik endüstrisinde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu çalışma, tarımsal atıklardan biri olan ve ticari katma değeri düşük olan pirinç kabuğunun termal işlemlerden geçerek elde edilen külün (PKÜ), seramik sırlarında kuvars yerine alternatif hammadde olarak kullanılabilirliğini araştırmayı amaçlamaktadır. Son dönemde, doğal kaynakların korunması, sektörün gittikçe büyümesi sebebiyle talebin artması vs sebebiyle alternatif yeni hammaddeler üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Öncelikle pirinç kabukları, mekanik olarak öğütülerek daha reaktif bir morfolojiye kavuşturulmuştur. Daha

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

reaktif bir forma getirilerek inceletilen tozlar, daha sonra 800°C'de kontrollü ısıl işlem uygulanarak organik bileşenlerden arındırılmıştır. Elde edilen pirinç kabuğu külü, sır reçetesine ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında kuvars yerine girilmiştir.

Hazırlanan sır formülasyonlarının reolojik özellikleri incelenmiş, viskozite, yoğunluk gibi parametre ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sırlama işlemleri standart seramik plakalara uygulanmış ve ardından 1210°C'de pişirilmiştir. Pişirim sonrası numunelerin sır akma davranışı, yüzey homojenliği, renk, parlaklık ve çatlak oluşumu gibi fiziksel ve görsel özellikleri değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, pirinç kabuğu külü katkısının sırın akışkanlık özelliklerini koruduğunu ve plaka yüzeylerinde düzgün bir kaplama sağladığını göstermiştir. Ayrıca, pişirim sırasında çatlak veya yüzey kusurlarının oluşmadığı tespit edilmiştir. İşletmede kullanılan standart sırlarla yapılan karşılaştırmalarda, PKÜ katkılı sırların benzer performans gösterdiği ve böylece kuvars kullanımını azaltarak çevresel ve ekonomik avantajlar sunacağı öngörülmüştür.

Bu çalışma, tarımsal atıkların seramik endüstrisinde yenilikçi bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymakta ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler : Pirinç kabuğu külü, seramik sır, kuvars alternatifi, sürdürülebilir ekonomi, tarımsal atıklar.

1. GİRİŞ

Sürekli büyüyen seramik endüstrisi, geleneksel hammadde kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için alternatif malzemelerin araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Pirinç kabuğu külü (PKÜ), büyük oranda silika (%90-95) içeriği sayesinde seramik sırlarda potansiyel bir alternatif hammadde olarak dikkat çekmektedir (Yılmaz, 2020). Tarımsal atıkların yeniden değerlendirilmesi hem çevresel kirliliğin azaltılmasına katkı sağlamakta hem de düşük maliyetli çözüm arayışlarını desteklemektedir (Aydın & Erdem, 2019).

Pirinç, dünya genelinde en çok karşılaşılan tarımsal ürünlerden biridir ve kabuğu, bu ürünün işlenmesi sırasında ortaya çıkan önemli bir atık malzemedir. Her yıl milyonlarca ton pirinç kabuğu, çoğu kez enerji üretiminde yakıt olarak kullanılmasıyla küle dönüşmektedir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(Büyüksaraç, 2021). Bu kül, doğru tekniklerle işlendiğinde, yapı malzemelerinden özel seramik uygulamalarına kadar geniş bir alanda faydalı hale getirilebilir (Karakoç, 2022).

Seramik sırlarında, estetik ve fonksiyonel özellikleri geliştirmek amacıyla genellikle kuvars, feldispat ve kaolin gibi geleneksel malzemeler kullanılmaktadır (Gürbüz, 2018). Ancak, bu kaynakların sınırlı doğal rezervleri, artan üretim maliyetleri ve çevresel etkileri, seramik üreticilerini yenilikçi yaklaşımlara yönlendirmiştir (Yıldız & Koç, 2020). Bu bağlamda PKÜ, seramik sırı formülasyonlarında hem geleneksel silika kaynaklarının yerine geçebilecek hem de mekanik dayanım, ısı direnci ve kimyasal kararlılık gibi kritik performans kriterlerini iyileştirebilecek bir malzeme olarak değerlendirilmektedir (Sarı & Gökçe, 2019).

Yapılan çalışmalar, PKÜ'nün seramik sırlarında kullanımıyla elde edilen kaplamaların, özellikle düşük ısıda pişirme süreçlerinde önemli avantajlar sağladığını ortaya koymuştur (Can & Aydın, 2021). Ek olarak, bu uygulama seramik sırlarının maliyet yapısını optimize ederek endüstriyel üretim için sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (Kurtuluş, 2020).

Bu çalışma, PKÜ'nün seramik sır formülasyonlarında alternatif bir hammadde olarak kullanılabilirliğini araştırmakta ve bu yenilikçi yaklaşımın performans üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda, bu yöntemin seramik endüstrisine katabileceği çevresel ve ekonomik faydalar da değerlendirilmiştir (Savaş, 2022). Literatürden elde edilen bulgular ve deneysel analizler ışığında, PKÜ'nün seramik endüstrisi için yenilikçi ve çevre dostu bir alternatif sunduğu gösterilmektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Pirinç Kabuğu Külünün Hazırlanması

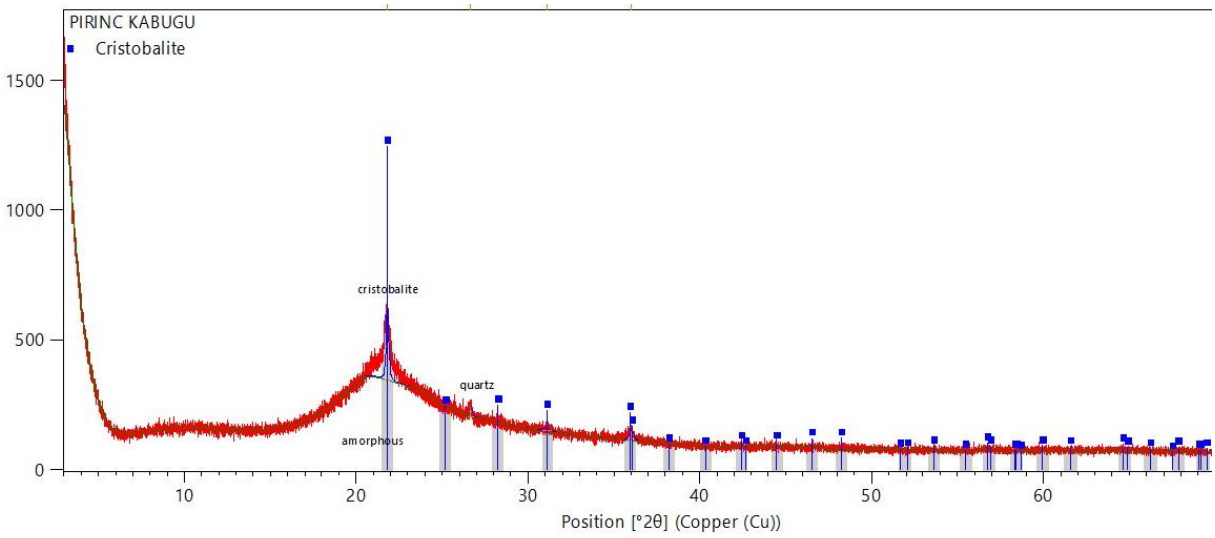
Pirinç kabukları öncelikle mekanik öğütme işlemiyle reaktif bir forma getirilmiş ve ardından 800°C'de kontrollü bir ısıl işlem uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda organik bileşenlerden arındırılan kül, kimyasal ve mineralojik açıdan analiz edilmiştir. XRF analizleriyle külün kimyasal bileşimi, XRD analizleriyle mineralojik yapısı detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. (Çizelge 1, Görsel 1). Kimyasal analizlerde külün yüksek miktarda silisyum oksit içerdiği belirlenmiş ve bu, kuvars yerine kullanım potansiyelini desteklemiştir. Yapılan X ışını kırınımı analizinde, yapıda bulunan SiO2'nin kristobalitin ICDD kartıyla örtüştüğü görülmektedir. Pirinç kabuğundaki olası organikler, ısıl işlem sırasında uzaklaştığı vu sebeple yapıda

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

tanımlanabilir başka bir faz olmadığı, XRF ile yapılan kimyasal analizde ise kirlilik düzeyinde tespit edilen ve safsızlık olarak kabul edilen miktarlarda (%1<) bazı oksitler görülmüştür. Yalnızca K2O'nun miktarı %3,83 olup reçetelerde mevcut olan bir oksit olduğu için diğer katkılarla sitokiometrik oranlara göre dengelenmiştir.

Çizelge 1. Pirinç Kabuğu Külünün Kimyasal Analizi (%)

Kimyasal Analiz	**Pirinç Kabuğu Külü**	**Kuvars**
SiO2	***91,65***	***97,63***
Al2O3	0,36	1,12
Fe2O3	0,32	-
CaO	0,98	-
MgO	0,51	-
Na2O	0,13	0,41
K2O	3,83	0,16
P2O5	0,71	-
SO3	0,41	-
MnO	0,24	-
LOI	0,82	0,48
Toplam	99,96	99,80



Görsel 1. Pirinç Kabuğu Külünün Mineralojik Analizi

2.2 Sır Formülasyonları ve Analizler

Pirinç kabuğu külü, sır formülasyonlarında kuvarsın yerini almak üzere %5, %10 ve %15 oranlarında kullanılmış ve bu sırların reolojik, termal ve fiziksel özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Hazırlanan formülasyonların viskozite, yoğunluk ve akma davranışları gibi reolojik özellikleri ölçülmüş; bu parametrelerin standarda uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 1210°C'de pişirilen plakaların yüzey homojenliği, renk, parlaklık ve pürüzlülük gibi görsel özellikleri de değerlendirilmiştir (Çizelge 2-3, Görsel 3-4).

Çizelge 2. Farklı Pirinç Kabuğu Oranları Kullanılarak Hazırlanan Sır Reçeteleri

Reçete			
Hammaddeler	**A**	**B**	**C**
Feldspat	27,5	27,5	27,5
Kuvars	26,5	21,5	16,5
Kaolen	10,5	10,5	10,5
Mikronize Hammaddeler	30,5	30,5	30,5
Pirinç Kabuğu Külü	**%5**	**%10**	**%15**



Görsel 2. Sırasıyla A, B ve C Sırlarına Ait Akma Görselleri

Çizelge 3. Sırlara Ait Renk Ölçüm Değerleri

Sır Reçeteleri	**A**	**B**	**C**
L	92,3	91,4	92,3
a	-0,54	-0,8	-0,45

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

b	0,95	-0,47	0,95
Parlaklık	94,2	94,8	94,2



Görsel 3. Sırasıyla A, B ve C Sırlarına Ait Plaka Görselleri

Termal davranışların incelenmesi amacıyla ısı mikroskobu ve dilatometre analizleri yapılmış; PKÜ katkılı sırların genleşme davranışlarının standart sırlarla benzerlik gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 4-5).

Bu, pişirim sırasında istenmeyen deformasyonların oluşmadığının bir kanıtıdır.

Çizelge 5: Pirinç Kabuğu Külü ile Hazırlanan Sırların Isı Mikroskobu Ölçümleri

Numune Adı	Sinterleme Sıcaklığı (°C)	Yumuşama Sıcaklığı (°C)	Tam Küre Sıcaklığı (°C)	Yarım Küre Sıcaklığı (°C)	Akma Sıcaklığı (°C)
%15 PKÜ Katkılı Sır	1163,0	1194,0	1211,0	1244,0	1274,0

Çizelge 6: Pirinç Kabuğu Külü ile Hazırlanan Sırların Isıl Genleşme (Dilatometre) Analizi

Numune Adı	α 100	α 200	α 300	α 400	α 500	α 600	α 700	α 800

%15 PKÜ Katkılı Sır	59,2	61,6	63,5	64,6	65,2	66,0	67,9	80,0

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

PKÜ katkılı sırlar, akışkanlık, yüzey homojenliği ve parlaklık gibi özelliklerde standart sırlara yakın performans göstermiştir. En çarpıcı bulgulardan biri, %15 PKÜ oranında dahi yüzeyde çatlak ya da deformasyonun oluşmadığıdır. Bu, PKÜ'nün seramik sırlarında kuvarsın yerine potansiyel bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, PKÜ kullanımının hem çevresel hem de ekonomik avantajlar sunduğu belirlenmiştir. Tarımsal atıkların değerlendirilmesi sayesinde, doğal kaynakların korunması ve atık miktarının azaltılması gibi sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlanmıştır. Bununla birlikte, PKÜ katkılı sırların farklı seramik ürün gruplarında ve daha yüksek oranlarda kullanılabilirliğinin incelenmesi gelecekteki çalışmalar için önemli bir alan olarak görülmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma, pirinç kabuğu külünün seramik endüstrisinde kuvars yerine kullanılabileceğini ve bu yolla çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, seramik endüstrisinde tarımsal atıkların kullanımı konusunda önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, farklı atık materyallerin ve çeşitli seramik uygulamalarının kapsamına dahil edilmesiyle genişletilebilir.

KAYNAKLAR

1. Aydın, M., & Erdem, M. (2019). Tarımsal atıkların değerlendirilmesi ve çevreye etkisi. *Çevre Bilimleri Dergisi*, 45(3), 25-30.
2. Büyüksaraç, N. (2021). Pirinç kabuğu külünün endüstriyel kullanımı. *Endüstriyel Malzemeler ve Teknolojiler*, 12(4), 15-18.
3. Can, F., & Aydın, E. (2021). Seramik sırlarında pirinç kabuğu külü kullanımı. *Seramik Teknolojileri Dergisi*, 33(2), 45-50.

4. Gürbüz, F. (2018). Seramik endüstrisinde geleneksel malzemelerin yerini alan alternatif hammadde kaynakları. *Seramik Mühendisliği Dergisi*, 25(5), 38-42.
5. Karakoç, S. (2022). Pirinç kabuğu külünün yapısal özellikleri ve uygulamaları. *Malzeme Bilimi Dergisi*, 29(1), 52-56.
6. Kurtuluş, Z. (2020). Seramik üretiminde maliyet optimizasyonu. *Seramik ve Malzeme Teknolojileri*, 18(3), 22-28.
7. Sarı, O., & Gökçe, D. (2019). Pirinç kabuğu külü ve özellikleri. *Gelişen Malzeme Bilimleri*, 21(2), 14-19.
8. Savaş, H. (2022). Çevre dostu malzemelerin seramik endüstrisine katkıları. *Sürdürülebilir Endüstriyel Uygulamalar*, 14(1), 32-35.
9. Yıldız, A., & Koç, M. (2020). Seramik üretiminde kullanılan geleneksel ve alternatif malzemeler. *Endüstriyel Seramik Dergisi*, 28(4), 44-50.
10. Yılmaz, O. (2020). Pirinç kabuğu külü: Fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Kimya ve Malzeme Dergisi*, 35(7), 18-24.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BOR KATKISININ FLEKS PU SÜNGERİN RADYASYON ZIRHLAMA PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Sıla TOPÇU

Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, cevre@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0003-0681-8033

Eren ERTİK

Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, cevre@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0002-2552-4375

Murat ZENGİN

Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, murat.zengin@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0002-6171-5574

Ebru YILMAZ

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, ebruyilmaz@subu.edu.tr, ORCID:0000-0001-7598-1171, 05378607873

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Günümüzde radyasyonun farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmasının, çevre ve insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumsuz etkiye neden olduğu bilinmektedir. Bu durum, etkili ve çevre dostu radyasyon zırhlama malzemelerinin geliştirilmesini bir zorunluluk haline getirmiştir. Geleneksel radyasyon zırhlama malzemelerinin genellikle ağır metaller içermesi, çevresel risklere yol açmakta ve taşınabilirlikten yoksun olmaları nedeniyle yenilikçi çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma, bor katkılı poliüretan süngerlerin radyasyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

zırhlama potansiyelini araştırmayı hedeflemekte ve etkili, hafif bir alternatif sunmayı amaçlamaktadır.

Geleneksel olarak kullanılan kurşun bazlı zırhlama malzemeleri yüksek etkinlik göstermelerine rağmen, toksik özellikleri ve yüksek yoğunlukları nedeniyle alternatif malzemelerin geliştirilmesine yönelik talepler artmaktadır. Bor, yüksek nötron soğurma kapasitesine sahip olması nedeniyle radyasyon zırhlama uygulamalarında kritik bir element olarak öne çıkmaktadır. Poliüretan sünger ise düşük yoğunluğu, mekanik dayanımı ve kimyasal kararlılığı ile özellikle taşınabilir ve karmaşık geometrilere sahip zırhlama malzemelerinin tasarımında avantaj sağlamaktadır. Bu bağlamda, bor katkılı poliüretan (PU) süngerler, hafif yapıları, esneklikleri ve yüksek nötron absorpsiyon yetenekleri sayesinde yenilikçi radyasyon zırhlama malzemeleri olarak dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, klasik sünger reçetesi modifiye edilerek, bor bileşiklerinin (ör. B_2O_3) poliüretan sünger matrisi içinde homojen dağılımının sağlanması ve bu bileşiklerin radyasyon absorpsiyon kapasitesine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Üretilecek olan bor katkılı kompozitlerin geleneksel yöntemlerle (fiziksel, mekaniksel vs) incelenecek, sonrasında radyasyon performans ölçüm simülasyon yazılımlarıyla bor katkısının poliüretan süngerlerin radyasyon zırhlama parametreleri incelenecektir. Böylece, poliüretan malzemeler için geleneksel özelliklerinin yanı sıra katma değerli yeni özellikler kazandırılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon parametresi, poliüretan, bor oksit, izolasyon

1. GİRİŞ

Radyasyon, hem günlük yaşamda hem de nükleer enerji üretimi, medikal uygulamalar ve uzay araştırmaları gibi birçok alanda sıklıkla karşılaşılan ve canlı organizmalar üzerinde potansiyel tehlikeler barındıran bir enerji formudur. Doğada doğal olarak bulunan düzeyinin yanı sıra, yapay kaynaklardan gelen radyasyonun zararlı etkilerini en aza indirmek için maksimum koruma gerektirir. Bu sebeple, radyasyonun zararlı etkilerinden korunmayı sağlayacak yenilikçi ve sürdürülebilir zırhlama malzemelerine olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır [1-4].

Radyasyon zırhlama malzemeleri, radyasyonun enerjisini emerek veya saçarak, radyasyon dozunu azaltma amacıyla kullanılır. Yüksek yoğunluklu malzemeler radyasyon koruması için ideal olduğundan, kurşun (Pb) veya Pb içeren betonlar, alaşımlar ve kompozitler radyasyon koruma uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. Bu geleneksel zırhlama malzemelerin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yoğunlukları, yapısal olarak dezavantajlar ve kullanım alanlarında kısıtlamalar getirmektedir. Bu yüzden, daha hafif ve esnek yeni nesil radyasyon zırhlama malzemelerine olan ihtiyaç artmaktadır [5,6].

Polimer malzemeler arasında poliüretan (PU), olağanüstü mekanik özellikleri nedeniyle lider bir konuma sahiptir. Bunlar arasında yüksek uzama kapasitesi, yüksek enerji emme kapasitesi, termal kararlılık, kimyasal direnç, ürünlerinde ve uygulamalarında çok yönlülük, kolay uygulanabilirlik, maliyet etkinliği ve nihai ürünlerin genel dayanıklılığına ve sürdürülebilirliği sayesinde birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılan bir malzeme türüdür [7-9].

Yüksek radyasyon soğurma yeteneğine sahip bor elementi, bu özelliğiyle etkili bir zırhlama malzemesi olarak kullanılabilir. Borun yüksek nötron zırhlama performansı yanı sıra kolya bulunabilmesi ve uygun maliyeti nedeniyle en çok kullanılan malzeme olarak kullanılmasını sağlamaktadır [10-11].

Bu araştırma, poliüretan süngerlerin radyasyon koruması için yeni bir yol sunmayı hedefliyor. Klasik sünger yapım yöntemleri değiştirilerek, bor bileşikleri (örneğin bor oksit) süngerin içine eşit bir şekilde dağıtılacak. Böylece, sünger hem hafif ve esnek yapısını koruyacak hem de radyasyonu emme özelliği kazanacaktır.

2. MATERYAL VE METOTLAR

2.1. Bor Oksit (B_2O_3) Poliüretan Sünger Üretimi

Bu çalışmada, bor katkılı esnek poliüretan süngerler üretmek için kutu döküm yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem öncesi reçeteye göre hazırlanan karışım mikser yardımıyla homojen olarak karıştırılmış, bor kaynağı olarak ilave edilen bor oksit (B_2O_3) partikülleri köpük oluşum reaksiyonu sırasında poliüretan gözenek yapısına homojen bir şekilde dağıtılması sağlanmıştır. Böylece, elde edilen sünger hem standartlara uygun değer aralığında hafif ve esnek özelliğini koruyacak ve hem de radyasyona karşı daha dirençli hale gelecektir. Bu bor oksit katkılı poliüretan süngeri üretmek için sünger reçetesine poliol, diizosiyanat (TDI), su, amin, kalay ve silikon girilmiştir. İlk aşamada poliol, diizosiyanat (TDI) ve su karıştırılarak süngerin matris fazı oluşturulmuştur. Daha sonra amin, kalay ve silikon süngerin oluşumunda yardımcı elementler olarak eklenmiştir. Son olarak 2,5% (kaba, -50 μm), 5% (kaba, -50 μm), bor oksit katkısı eklenerek sünger üretimi tamamlanmıştır. Şekil 1'de üretilen sünger resimleri verilmiştir. Bu maddeler karıştırılarak kalıba dökülmüş ve belirli koşullarda sertleştirilmiştir. Elde edilen numuneler üzerinde çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Bor oksit

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

katkılı poliüretan sünger kompozitin XCOM programı ile radyasyon deneylerine tabi tutulmuş ve radyasyon parametreleri belirlenmiştir. Bu sayede, bor katkısının süngerin radyasyon zırhlama özelliğine olan etkisi incelenmiştir.



Şekil 1. Bor Oksit (B_2O_3) Poliüretan Sünger Üretimi

2.2. Bor Oksit (B_2O_3) Poliüretan Sünger Karakterizasyonu

Bor oksit (B_2O_3) katkılı poliüretan sünger köpüklerin fiziksel ve mekanik özellikleri, üretim sürecinin ardından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu malzemelerin karakterizasyonu için yoğunluk, elastikiyet, kopma uzaması ve yırtılma dayanımı gibi parametreler kullanılmıştır. Yoğunluk ölçümleri, belirli hacimdeki numunelerin hassas terazide tartılması ve elde edilen verilerin hacme oranlanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Elastikiyet, kopma uzaması ve yırtılma dayanımı testleri ise standart numuneler üzerinde, ilgili test cihazları kullanılarak yapılmıştır. Bu testler sonucu elde edilen veriler, malzemenin kullanım alanlarına uygunluğunu değerlendirmek için önemli birer veri kaynağı oluşturmaktadır.

Poliüretan sünger kompozitlerin radyasyon etkileşimleri, XCOM yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Radyasyonun madde içerisindeki davranışı, lineer azaltma katsayısı (μ) gibi parametrelerle ifade edilir. Bu katsayı, radyasyonun malzemede soğrulma, saçılma ve çift oluşum gibi etkileşimler sonucunda zayıflamasını belirler. XCOM yazılımı, farklı enerjili radyasyonlar için lineer azaltma katsayılarını hesaplayarak, malzemenin radyasyon şiddetini ne kadar azaltabileceği hakkında bilgi verir. Ayrıca, kütle azaltma katsayısı ve yarı değer kalınlık gibi parametreler de bu yazılım aracılığıyla hesaplanabilir. Bu parametreler, malzemelerin radyasyon kalkanı olarak kullanılma potansiyellerini değerlendirmek için önemlidir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.1. Bor Oksit (B_2O_3) Poliüretan Süngerlerin Fiziksel Testleri

Tablo 1'de (%2,5) ve (%5) bor oksit katkılı poliüretan sünger kompozitinin yoğunluk değeri, ISO 845 standardına uygun olarak yapılan ölçümler sonuçları tabloda verilmiştir. Bor oksit, poliüretandan daha yoğun bir maddedir. Bor partiküllerinin sünger matrisine dahil olmasıyla yoğunlukta bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle ince numunelerde, bu artış beklenildiği kadar belirgin olmamıştır. % 2,5 kaba bor oksit katkılı numunenin yoğunluğu katkısız numuneye göre neredeyse benzer çıkmıştır. Süngerin elastik modülü değeri, TS EN ISO 8307 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bor oksit katkısı arttıkça elastiklik modülü değerlerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Sert ve kırılgan bir yapıya sahip olan bor oksit, sünger matrisinde bir sertleşme etkisi yaratmasıyla birlikte matris içindeki hareketliliği sınırlayarak esnekliği azalttığını göstermiştir. Süngerin kopma mukavemeti değeri, TS EN ISO 1856 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bor katkısı arttıkça kopma mukavemeti değerlerinde genel olarak bir artış gözlemlenmektedir. Beklendiği gibi bor partikülleri süngere ek sertlik kazandırmıştır.

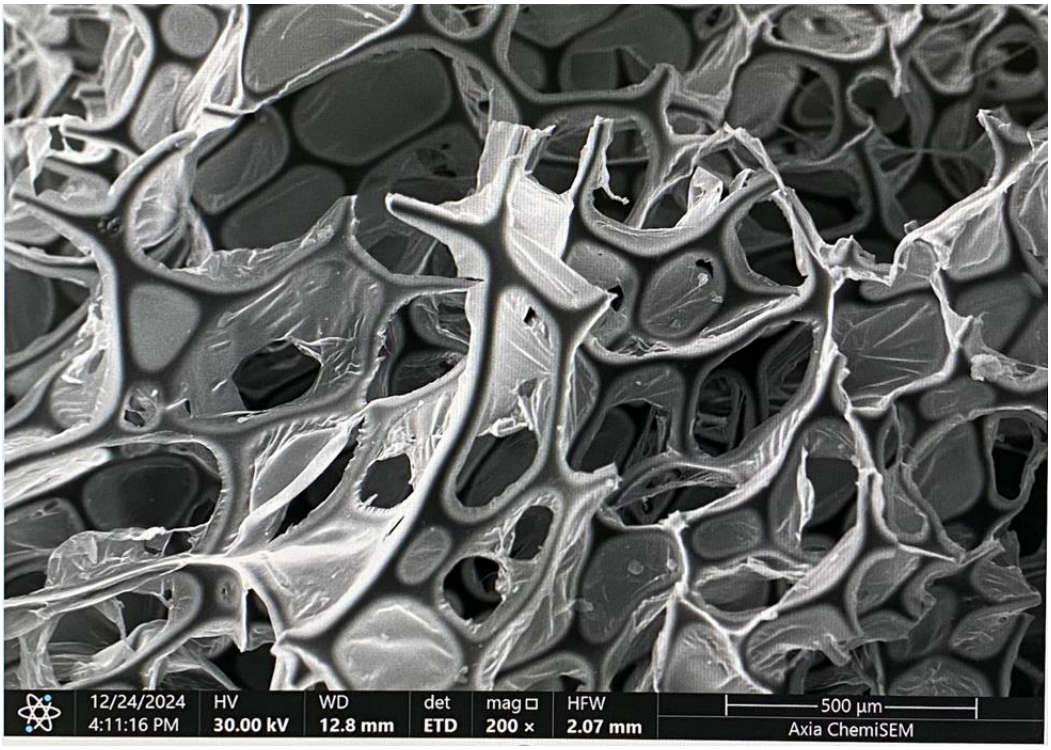
Tablo 1. Bor oksit (B_2O_3) poliüretan süngerlerin fiziksel testleri

Numune	Yoğunluk (kg/m^3)	Elastikiyet (n/mm^2)	Kopma Mukavemeti (N/mm^2)	Kopma Uzama (%)	Yırtılma mukavemeti (N/cm)
PS 22 D	21.06	39.27	0.14	134.84	2.46
PS-B2.5 (2,5%)	21.29	27.03	0.09	120.16	4.5
PS-B5 (5%)	25.78	23.77	0.22	185.03	5.2

Süngerin kopma uzaması değeri, EN ISO 1798 yırtılma ASTM D3574-F standardına uygun olarak yapılmıştır. Bor oksit katkısı arttıkça kopma uzaması değerlerinde genellikle bir azalma görülmektedir. Bor oksit poliüretan moleküllerinin hareketini kısıtlayarak malzemenin esnekliğini azaltmasından kaynaklanmaktadır. Yırtılma mukavemeti değerleri, bor oksit katkısının artmasıyla birlikte genel olarak artış göstermiştir. Bor oksit parçacıkları, süngerin içindeki boşlukları doldurarak, yırtılma yayılmasını engellemiştir. Elde edilen bu sonuçlar, üretilen polimer kompozit malzemenin istenen fiziksel özelliklere sahip olduğunu ve kalite standartlarına uygun olduğunu göstermektedir. Malzemenin mikro yapısı, taramalı elektron

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Şekil 2'de verilen SEM görüntüsünde, gözeneklerin homojen bir dağılım gösterdiği, ana hücrelerin yan hücreler ile bağlantılı olduğu ve hücre duvarlarının belirgin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Bor oksit (B_2O_3) poliüretan süngerlerin SEM görüntüsü

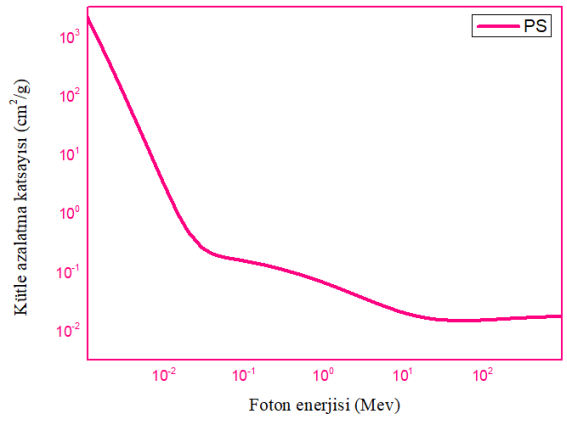
3.2. Radyasyon Zırhlama Parametrelerinin Belirlenmesi

Ağırlıkça 0,2,5 ve 5 bor oksit oranları ile üretilen PS, PS-B2.5 ve PS-B5 kodlu bor oksit katkılı poliüretan sünger kompozit malzemelerin kütle azaltma katsayısı (μ/ρ), lineer azaltma katsayısı ve yarı değer kalınlık değerleri hesaplanmış olup zırhlama performansları birbiri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen poliüretan kompozit malzemenin kütle azaltma katsayı değerleri, 0,0015 MeV ve 500 MeV enerji aralığında hesaplanarak Tablo 2' de gösterilmektedir. Düşük enerjili bir foton ile poliüretan kompozit malzeme etkileşime girdiğinde artan katkı miktarına bağlı olarak radyasyon zırhlama performansı artmıştır. Foton enerjisinin artışı ile kütle azaltma katsayıları aynı değerlere ulaşmıştır. Elde edilen poliüretan kompozit malzemenin minimum kütle azaltma katsayı değeri 50 MeV'lik foton enerjisinde elde edilirken maksimum kütle azaltma katsayısı 1,5 keV'lik foton enerjisinde elde edilmiştir. PS, PS-B2.5 ve PS-B5 kodlu poliüretan kompozit malzemelerinin minimum ve maksimum kütle azaltma katsayı değerleri sırasıyla 0,015-920,10 cm2/gr - 0,015-926,70 cm2/gr- 0,015-933,30 cm2/gr dir

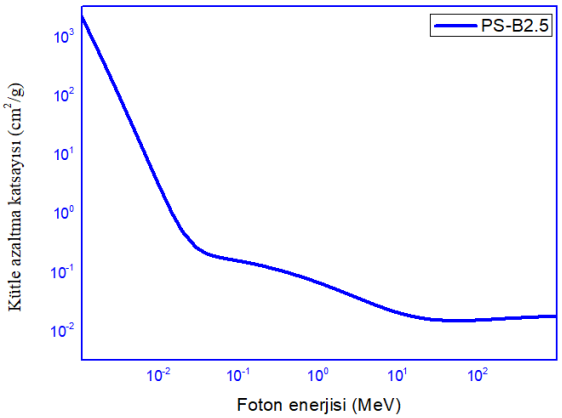
Tablo 2. Poliüretan kompozit malzemenin kütle azaltma katsası (cm^2/g)

	Kütle azaltma katsayısı (cm^2/g)		
Enerji (MeV)	PS	PS-B2.5	PS-B5
0,0015	920,10	926,70	933,30
0,002	405	408,1	411,2
0,003	123,50	124,50	125,5
0,004	52,14	52,58	53,01
0,006	15,16	15,29	15,42
0,015	0,99	1,000	1,007
0,2	0,13	0,129	0,1295
0,6	0,08	0,085	0,085
1	0,06	0,067	0,066
3	0,037	0,037	0,037
40	0,015	0,015	0,015
50	0,015	0,015	0,015
300	0,016	0,016	0,016
400	0,017	0,017	0,017
500	0,017	0,017	0,017

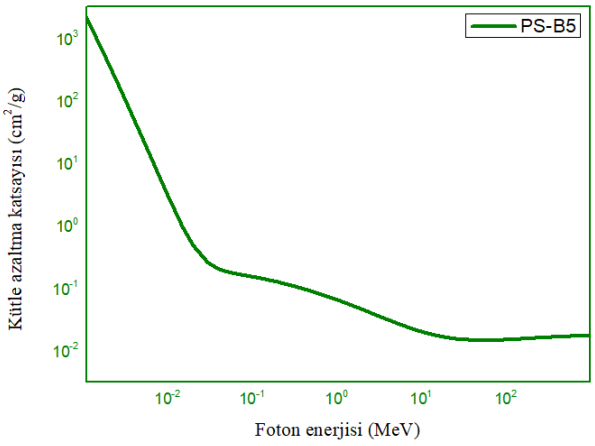
Bor oksit katkılı poliüretan kompozit malzemenin kütle azaltma katsayıları Şekil 3'de görüldüğü üzere aynı foton enerji aralığında aynı etkileşimleri göstermektedir. Yapıya bor oksit girmesi sonucu düşük enerji aralığında malzemenin kütle azaltma katsayıları yakın çıkmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. Bor oksit katkılı poliüretan kompozit malzemenin kütle azaltma katsayısı (a) PS, (b) PS-B2.5 ve (c) PS-B5

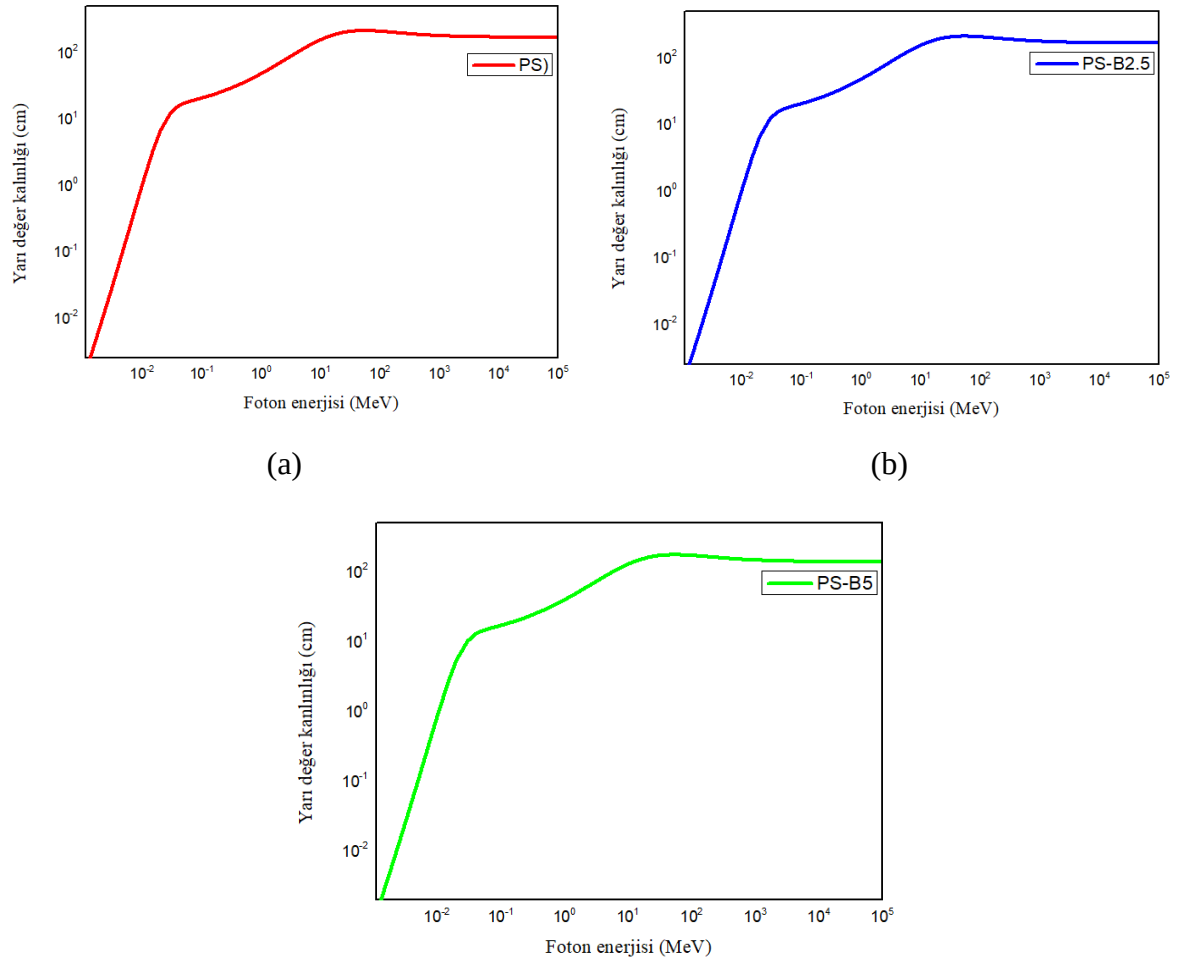
Radyasyon zırhlama parametrelerinden bir diğeri yarı değer kalınlık değeridir. Malzemeye gelen radyasyon şiddetini yarıya düşüren malzeme kalınlığına yarı değer kalınlığı denilmektedir. Foton şiddeti ile malzeme kalınlığı doğru orantılıdır. Bu kalınlık lineer azaltma katsayısı ile ilişkilidir. Yarı değer kalınlığı, ln2 değerinin lineer azaltma katsayısına bölünmesi ile bulunmaktadır. Bor oksit katkılı poliüretan kompozitin farklı foton enerjisine bağlı olarak elde edilen yarı değer kalınlıkları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Poliüretan kompozit malzemenin yarı değer kalınlık değerleri (cm)

	Yarı değer kalınlığı (cm)		
Enerji (MeV)	PS	PS-B2.5	PS-B5
0,0015	0,00035	0,00035	0,00288
0,002	0,00812	0,0079	0,00653
0,003	0,02664	0,02614	0,02141
0,004	0,06311	0,0619	0,0507
0,006	0,21705	0,21288	0,17432
0,015	3,31513	3,25504	2,66944
0,2	25,31229	25,07742	20,75776
0,6	38,37879	38,03961	31,48062
1	48,56971	48,14449	39,84186
3	86,70878	85,93055	71,11455
40	215,63553	213,305983	176,0399
50	217,34466	214,85474	177,3173
300	195,63604	193,29271	159,4383
400	191,7598	189,35714	156,19583

500	189,00622	186,74981	154,0475

Artan foton enerji ile yarı değer kalınlık değerlerinde artış olmuştur. Saf poliüretan kompozitin yarı değer kalınlığı çok düşük enerjilerde (0,0015 MeV' de) 0,0035 cm iken artan bor oksit katkı oranlarında ise sırasıyla 0,0035 ve 0,00288 cm değerleri elde edilmiştir. 50 MeV'e sahip bir foton enerjisi ile etkileşen kompozit malzemenin yarı değer kalınlığı en yüksek değerlere ulaşmıştır. Artan katkı miktarına göre maksimum yarı değer kalınlık değerleri sırasıyla 217,3446 - 214,8547 ve 177,3173 cm çıkmıştır. Şekil 4' de yarı değer kalınlık grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Bor oksit katkılı poliüretan kompozit malzemenin yarı değer kalınlığı (a) PS, (b) PS-B2.5 ve (c) PS-B5

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GENEL SONUÇLAR

- % 2,5 ince, %5 ince ve %5 kaba bor oksit parçacıklı poliüretan süngerlerin katkısız süngerlere göre yoğunluğu artmıştır.
- % 2,5 ince bor oksit parçacıklı poliüretan süngerler numunenin elastikiyeti katkısız süngerlere oldukça yakındır.
- %5 kaba bor oksit parçacıklı poliüretan süngerlerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması katkısız süngerlere göre artmıştır.
- Tüm bor oksit parçacıklı poliüretan süngerler numunelerin katkısız süngerlere göre yırtılma mukavemeti artmıştır.
- Üretilen poliüretan kompozit malzemelerin kütle azaltma katsayıları birbirlerine yakın değerlerde çıkmıştır.
- Yarı değer kalınlık sonuçları incelendiğinde, katkılı poliüretan kompozit malzemesinin aynı radyasyon şiddetini soğurmak için daha az kalınlığa ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Alrowaili, Z. A., Yılmaz, E., Çalışkan, F., Öztürk, B., Olarinoye, I. O., Arslan, H., & Al-Buriahi, M. S. (2023). Radiation shielding performance of a newly synthesized bismuth borate glass system. *Radiation Physics and Chemistry*, *204*, 110711.

[2] Alzahrani, J. S., Yilmaz, E., Çalişkan, F., Alrowaili, Z. A., Olarinoye, I. O., Alqahtani, M. S., ... & Al-Buriahi, M. S. (2023). Synthesis and optimization of B2O3-based glass: Influence of MgO on hardness, structure properties, and radiation shielding performance. *Materials Today Communications*, *37*, 106933.

[3] Singh J, Singh H, Sharma J, Singh T, Singh PS. Fusible alloys: a potential candidate for gamma rays shield design. Prog. Nucl. Energy, 2018. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2018.04.002.

[4] Sodhi K.S., Krishna S., Saxena A.K., Sinha A., Khandelwal N., Lee E.Y. Clinical application of "Justification" and "Optimization" principle of ALARA in pediatric CT imaging:'how many children can be protected from unnecessary radiation?'. Europ. Jour. Rad. 2015. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.05.030.

[5] Cherkashina, N.I., Pavlenko, V.I., Noskov, A.V., 2019. Radiation shielding properties of polyimide composite materials. Radiat. Phys. Chem. 159, 111–117.

[6] Akman, Ferdi, Ozkan, I., Kaçal, Mustafa Recep, Polat, Hasan, Shams, AM Issa, Tekin, H. O., Agar, O., 2021. Shielding features, to non-ionizing and ionizing photons, of FeCrbased composites. Appl. Radiat. Isot. 167, 109470.

[7] M. Miller, Polymers in Cementitious Materials, Rapa Technology Limited. Shawbury, Shawbury, SY4 4NR. UK, 2005.

[8] P.K. Saxena, K.G. Raut, S.R. Srinivasan, S. Sivaram, R.S. Rawat, R.K. Jain, Polyurethane waterproofing coating for building applications, Constr. Build. Mater. 5 (4) (1991) 208–210.

[9] The Economic Benefits of the U.S. Polyurethanes Industry 2013. Economics & Statistics Department. American Chemistry Council. October 2014. https:// polyurethane.americanchemistry.com/Resources-and-Document-Library/ Economic-Benefits-of-Polyurethanes-2013.pdf. (accessed 20-09-205)

[10] Mehta P. K., Monteiro P. J., Concrete: microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill Education, 2014.

[11] Kontani O., Ichikawa Y., Ishizawa A., Takizawa M., Sato O., Irradiation effects on concrete structure Proceedings in International Symposium on the Ageing Management & Maintenance of Nuclear Power Plants, International Atomic Energy Agency (IAEA), 173-182, 2010.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FİLMAŞİNLERİN Zn-P KAPLAMA HAVUZ ATIK ÇAMURUNUN KARAKTERİZASYONU VE BULK ÜRETİM POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Muhammet Barış EKİCİ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, m.baris.ekici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4263-0636, 05437780988

Sıla TOPÇU
Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, cevre@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0003-0681-8033, +905332042187

Murat ZENGİN
Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, murat.zengin@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0002-6171-5574, 05301714155

Ebru YILMAZ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, ebruyilmaz@subu.edu.tr, ORCID:0000-0001-7598-1171, 05378607873

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Fosfat kaplama süreçleri, metal yüzeylerin paslanmaya karşı korunmasında sıkça kullanılan bir tekniktir. Ancak bu yöntem sonucunda önemli miktarda fosfatlama çamuru atığı ortaya çıkmaktadır. Geleneksel atık yönetiminde ortaya çıkan atıklar bertaraf tesislerine gönderilmektedir ve bu yöntemler hem yüksek maliyetli olup hem de yeraltı ve yerüstü suların kirlenmesi, hava kirliliği, gürültü, toz vb. gibi birçok sorunlara yol açabilmektedir. Çelik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

filmaşinlere fosfat kaplama uygulandıktan sonra ortaya çıkan atıklar, kaplama işlemi sırasında kullanılan kimyasallardan kaynaklanan farklı türlerde olabilmektedir. Fosfatlama sırasında metal yüzeyinde meydana gelen reaksiyonlar sonucunda çökeltiler oluşmaktadır. Bu çökeltiler, yani fosfatlama çamuru, fosfat kaplama işlemi esnasında metal yüzey ile fosfat çözeltisi arasındaki kimyasal etkileşimlerin bir yan ürünü olarak oluşan katı atıklardır. Çamurun içeriği genellikle fosfat tuzları, metal oksitler ve kaplama sırasında çözünmüş metal parçacıklarından oluşmaktadır. Kaplama işlemi sırasında yüzeyden ayrılan veya çözünen çelik filmaşin parçaları ve diğer metaller (örneğin demir, çinko, mangan), atık su veya çamur içerisinde bulunabilmektedir. Fosfat çamurunun çimento üretimi veya yapı malzemesi olarak kullanılması, sürdürülebilir atık yönetimi açısından umut verici bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, filmaşin kangalları öncesi fiziksel veya kimyasal yüzey temizliği yapıldıktan sonra, çinko fosfat kaplama işlemi gerçekleştirilecektir. Tekrarlı gerçekleştirilen çinko fosfat kaplama işlemleri sonrasında havuz tabanında bir çamur birikmesi gerçekleşmektedir. Bu çamur daha sonra tabandan sıyırma suretiyle toplanarak havuzdan uzaklaştırılacaktır. Çinko fosfat kaplama havuz çamuru daha sonra kalsine edilecek ve sonrasında toz metalürjisine göre toz hazırlama prosesiyle peletler hazırlanarak 800-1000°C arasında 90dk süreyle sinterlenecektir. Ara ürünler ve nihai ürünler fiziksel, kimyasal ve mikroyapısal olarak incelenecektir. Bu çalışma ile atık çamurun bertaraf problemini ortadan kaldıracak ve aynı zamanda ekonomik bir değer kazandıracak bir yaklaşım denenecektir.

Anahtar Kelime : Çinko, fosfat, atık çamur, sinterleme

1. GİRİŞ

Çinko fosfat kaplama, metal yüzeylerin korozyona karşı korunması ve diğer kaplamalar için daha iyi yapışma sağlanması gibi pek çok avantaj sunduğu için metal işleme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir yüzey işlem yöntemidir. Metal yüzeylerdeki çinko fosfat kaplamalar genellikle korozyona karşı çok katmanlı bir koruyucu kaplamanın ilk katmanıdır ve temel metal yüzeyini düzgün bir şekilde kaplaması ve böylece koruyucu kaplamanın hasar görmesi durumunda temel metali korozyona karşı koruması beklenir [1–5]. Ekonomik olması, hızlı oluşması, çok yüksek korozyon direnci, aşınma direnci, yapışma ve yağlama özellikleri ve çeşitliliği nedeniyle fosfat kaplamalar çeşitli endüstrilerde önemli rol oynamaktadır[6–11].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Son birkaç on yıldaki hızlı sanayileşme, dünya çapında üretilen tehlikeli endüstriyel atık miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Çinko fosfat kaplama sırasında, metal yüzey ile kaplama çözeltisi arasındaki reaksiyon sonucu durulama havuzu çamuru ortaya çıkar. Durulama havuz çamuru atıkların insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmek için uygun şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Atıkların geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması için teknolojilerin geliştirilmesi, tehlikeli atık yönetimi konusunda kritik öneme sahiptir [12-13].

Durulama havuz çamuru, metallerin yüzey işlemlerinden kaynaklanan tehlikeli bir atıktır. Çamur, esas olarak su, demir ve çinko fosfatlar ve Na, K, S, Pb, Cr, Ni ve Cu gibi eser miktarda küçük elementler içerir. Durulama havuz çamuru, içerdiği ağır metallerin çevreye zarar verme potansiyeli nedeniyle Türkiye, Avrupa Birliği (AB) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından tehlikeli atık olarak belirlenmiştir. Çinko fosfat kaplama atıklarında bulunan çinko, fosfor ve diğer değerli elementler, yeni materyal geliştirme süreçlerinde potansiyel bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bu elementler, gelişmiş özelliklere sahip kompozit malzemeler, seramikler ve diğer endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılabilir [14].

Bu çalışmanın amacı, çinko fosfat kaplama atıklarını değerlendirerek çevresel bir sorun olan atık yönetimi problemine çözüm bulmak ve aynı zamanda bu atıklardan yeni bir malzeme elde ederek sürdürülebilir bir üretim süreci oluşturmaktır. Toplanan çamur örnekleri, termal ayrışma için kalsinasyon işlemine tabi tutularak kurutulacak ve ardından ince bir toz haline getirilmek üzere öğütülecektir. Elde edilen toz, çelik kalıplarda preslenerek ham numuneler hazırlanacak ve farklı sıcaklıklarda sinterlenerek yoğunlaştırılacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Çamur Numunelerinin Toplanması ve Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan çamur örnekleri, çelik filmaşin tellerinin çinko fosfat kaplama tesisinde bulunan durulama havuzları ve çamur çöktürme tankları temin edilmiştir. Bu numuneler, prosesin farklı aşamalarında oluşan çamurların karakteristik özelliklerini incelememizi ve kullanım potansiyelini ortaya çıkarmamızı sağlamıştır. Laboratuvarda, numuneler öncelikle 150ºC'de 90 dk kalsine edilmiş ve farklı analizler için öğütülerek ince toz hale getirilmiştir. Daha sonra bu tozlar çelik kalıplarda şekillendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2. Çamur Numunelerin Sinterlenmesi

Elde edilen çamur örnekleri, farklı sıcaklıklarda sinterleme işlemine tabi tutularak yoğunlaştırılmıştır. Sinterleme işlemi kademeli olarak, 400ºC'de 30 dk bekletilmiştir ve numuneler belirli bir süre boyunca 800°C, 900°C ve 1000°C sıcaklıklarda fırın içerisinde ısıtılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda, çamur içerisindeki su buharlaşmış, partiküller birleşerek daha büyük yapılar oluşturmuş ve yoğun, seramik benzeri bir ürün elde edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda yapılan sinterleme işlemleri sayesinde, sıcaklığın sinterlenmiş ürünün yoğunluğu ve gözeneklilik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

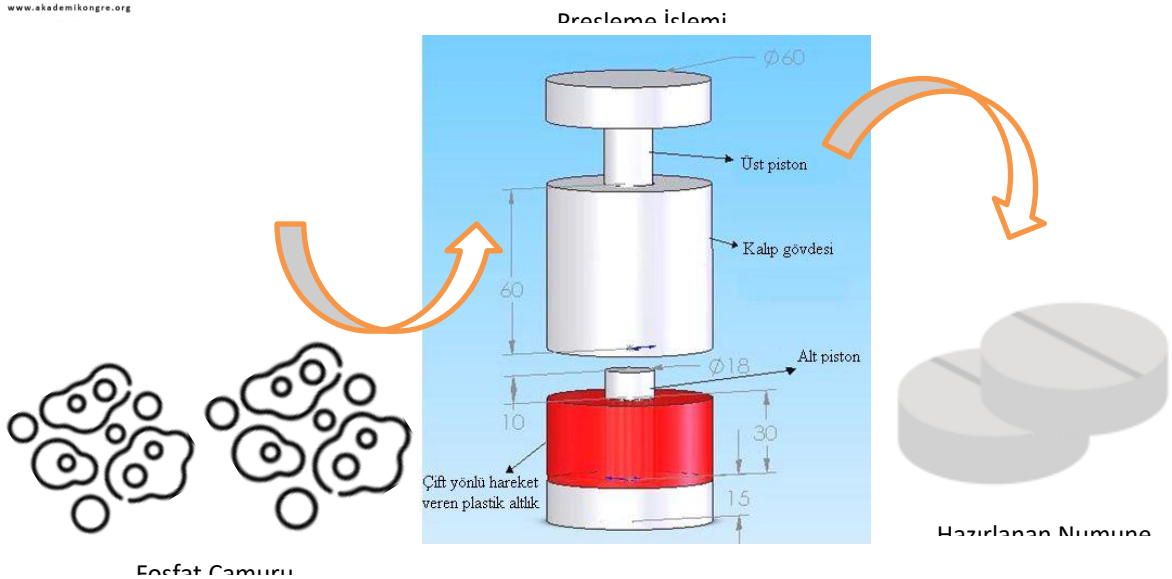
2.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) çinko fosfat kaplama prosesinde oluşan çamurun yüzey morfolojisi ve element bileşimi hakkında detaylı bilgi sağlayan iki önemli analiz yöntemidir. Çamur numunelerinin yüzey morfolojisi ve element bileşimi, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri ile incelenmiştir. SEM analizi ile çamurun gözeneklilik, tane boyutu ve yüzey pürüzlülüğü gibi morfolojik özellikleri hakkında detaylı bilgi elde edilmiştir. SEM analizleri, sinterleme sürecinin anlaşılması ve ürün kalitesinin değerlendirilmesi açısından önemli veriler sağlamıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Çamur Numunelerin Hazırlanması ve Sinterlenmesi

Laboratuvar ortamında, elde edilen çamur numuneleri üzerinde detaylı analizler yapabilmek için ön işleme tabi tutulmuştur. Öncelikle, numunelerdeki organik maddelerin uzaklaştırılması ve mineral yapının daha net ortaya çıkması amacıyla 150°C sıcaklıkta 90 dakika süreyle kalsine edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen numuneler, daha sonra öğütülerek ince bir toz haline getirilmiştir. Son olarak, elde edilen toz numuneleri, çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenebilmesi için çelik kalıplarda belirli şekillerde preslenmiştir. Şekil 1'de numune hazırlama adımları gösterilmiştir.



Şekil 1. Numune hazırlama adımları

Hazırlanan numuneler (şekil 2), ön işleme olarak 400°C'de yarım saat tutulduktan sonra, sırasıyla 800, 900 ve 1000°C'de belirli süreler boyunca sinterlendi. Bu süreçte, çamur içindeki su buharlaşırken, tanecikler ısıl etkiyle difüzyon sayesinde birbirine yapışarak daha büyük ve sıkı bir yapı oluşturdu. Sinterleme öncesi geometrik yoğunluk değeri, 1,645 (g/cm^3) olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. 800°C, 900°C ve 1000°C sinterlenmiş fosfat çökelti numuneleri

3.2. Numunelerin Yoğunluk Sonuçları

Tablo 1'de, fosfat çamuru numunelerinin farklı sinterleme sıcaklıklarında (800°C, 900°C ve 1000°C) sinterleme öncesi ve sonrası geometrik yoğunlukları ile sinterleme sonrası Arşimed

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yoğunlukları verilmiştir. Sinterleme öncesi geometrik yoğunlukları birbirine yakın değerler göstermektedir. Bu durum, numunelerin başlangıçtaki homojenliğini ve benzer bir yapıya sahip olduklarını gösterir.

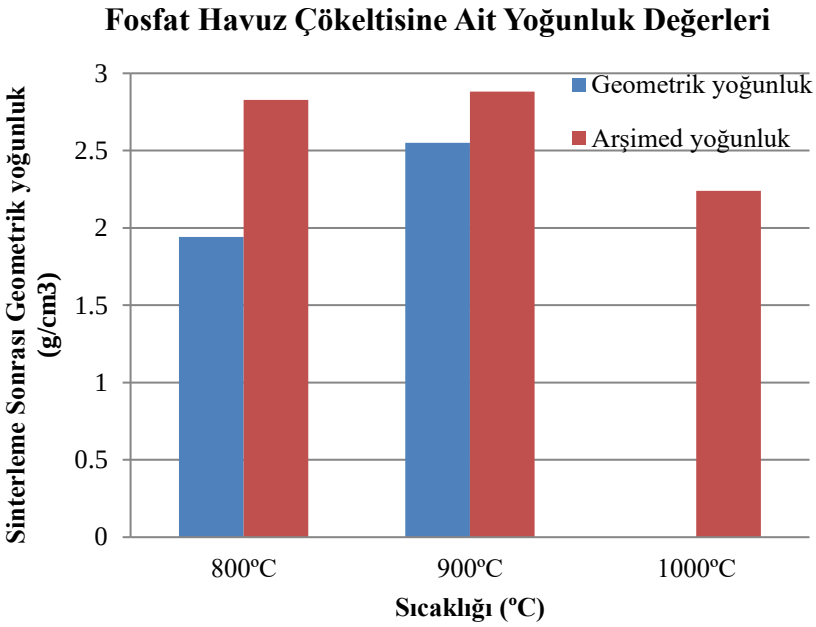
Sinterleme işlemi sonrasında geometrik yoğunluklarda belirgin değişimler gözlemlenmiştir. Özellikle 900°C'de sinterlenen numunede geometrik yoğunlukta önemli bir artış görülmektedir. Bu durum, sinterleme işlemi sırasında yoğunlaşmanın gerçekleştiği ve gözeneklerin kapanarak daha yoğun bir mikroyapının oluştuğu ve böylece yoğunluğun arttığı görülmüştür.

Tablo 1. Farklı sinterleme sıcaklıklarında fosfat havuz çökeltisine ait yoğunluk değerleri

Fosfat Havuz Çökeltisine Ait Yoğunluk Değerleri		
Sinterleme Sıcaklığı (ºC)	Sinterleme Sonrası Geometrik yoğunluk (g/cm^3)	Sinterleme Sonrası Arşimed yoğunluk (g/cm^3)
800	1,942	2,828
900	2,550	2,881
1000	N/A	2,240

Arşimed yoğunlukları (şekil 3), numunelerin gerçek yoğunluklarını temsil eder. Tüm numunelerde sinterleme sonrası Arşimed yoğunluklarının sinterleme öncesi geometrik yoğunluklardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, sinterleme işlemi sırasında gözeneklerin azalması ve numunenin daha kompakt bir hale gelmesiyle açıklanabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



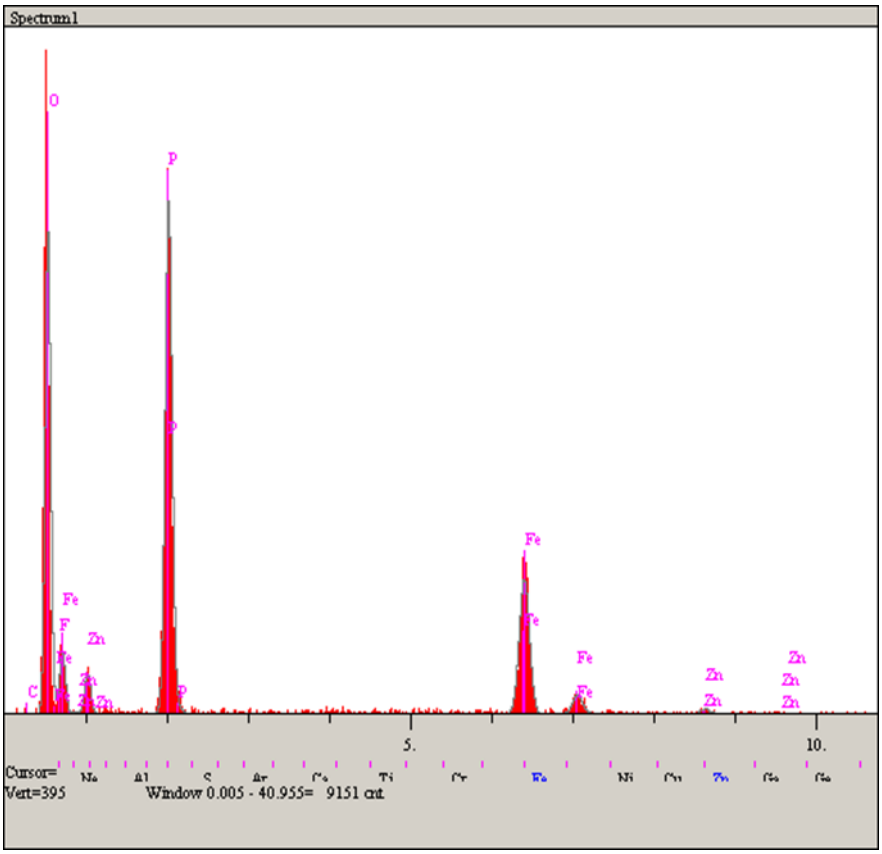
Şekil 3. 800°C, 900°C ve 1000°C sinterlenmiş fosfat çökelti numuneleri yoğunluk değerleri

Genel olarak, sinterleme sıcaklığı arttıkça Arşimed yoğunlukları da artma eğilimi göstermektedir. Ancak 1000°C'de sinterlenen numunede beklenenin aksine bir düşüş görülmektedir. Bunun sebebi difüzyon hızı sıcaklıkla artsa da uçucu nitelikte yada yüksek sıcaklıkta yeni reaksiyonlarla uluşabilecek kısmi gaz basıncı yüksek olan bileşiklerin oluşumuna işaret etmektedir. Bu durumu net şekilde SEM resimlerinden yoğunlaşma davranışını inceleyerek ve optik resimlerden şekilsel deformasyon (şişme vs) ile anlayabiliriz.

3.3.Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) Analizi

Çamur atığının 150°C'de ısıl işlem gördükten sonra elde edilen tozların EDS kimyasal analizi ile kantitatif olarak elementel analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen EDS grafiği (Şekil 4) ve kantitaif dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 4'teki elementlerin grafiksel dağılımına ve Tablo 2'deki yüzde dağılım verileri incelendiğinde ana elementler olarak O ve P ve az miktarda Zn ve Fe tespit edilmiştir. P ve Zn kaplama ünitesinden gelen kaplama, Fe elementi çelik filmaşinden kopan elementler olarak değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 4. Arıtma çamur atık tozlarının EDS grafiği

Tablo 2. EDS Elementel analiz sonucu

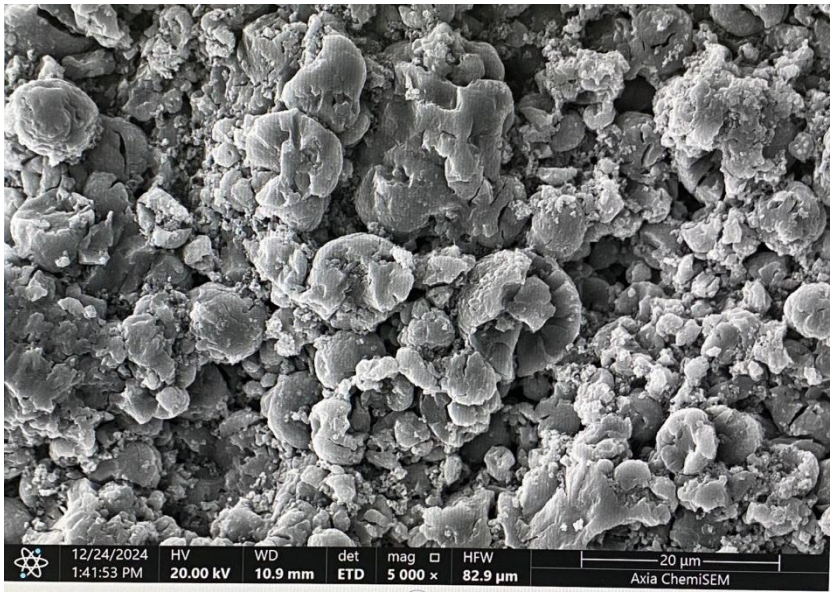
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	0.00	0.000	0.000	wt.%	
O	Ka	238.81	9.774	39.694	wt.%	
F	Ka	0.00	0.000	0.000	wt.%	
P	Ka	316.74	11.256	25.519	wt.%	
Fe	Ka	122.08	6.988	31.496	wt.%	
Zn	Ka	4.30	1.312	3.291	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

3.4. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

Şekil 5'de verilen SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüsü, çinko fosfor kaplama çökeltisinin 800ºC sıcaklığında sinterlenmesi sonucu oluşan malzemenin mikro yapısı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

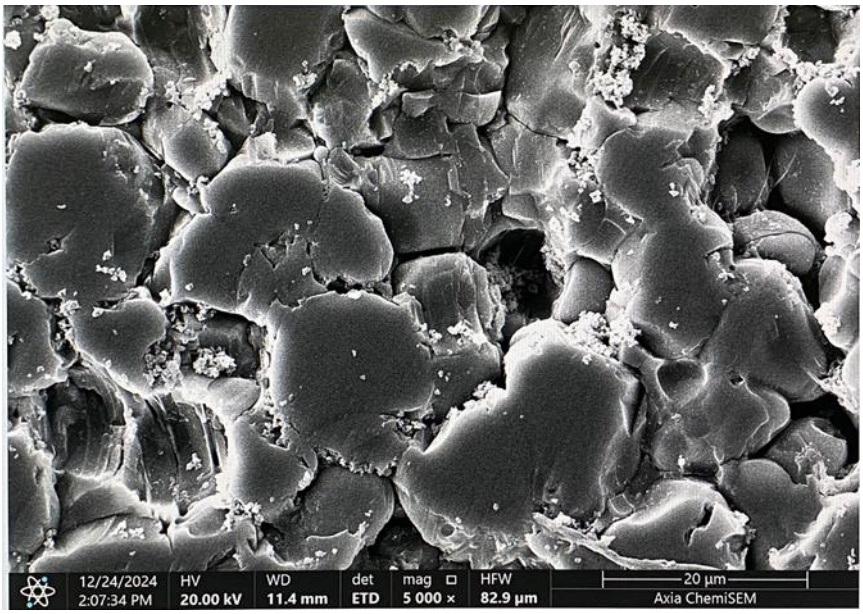
göstermektedir. SEM görüntüsünde, sinterlenmiş çinko fosfor kaplama havuz atık çamurunun düzensiz şekilli ve farklı boyutlardaki taneciklerden oluşan heterojen bir yüzey yapısına sahip olduğu görülmektedir. Tanecik boyutlarının farklı olması, havuzdan alınan ve kalsine edilen hammaddenin, herhangi bir eleme ve boyutlandırma işlemine tabi tutulmaması ve öğütülmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 800ºC'de yapılan sinterleme işlemi, çamurdaki parçacıkların bir araya gelerek daha büyük tanecikler oluşturmuş ve ancak sıcaklık yüksek yoğunlaşma seviyelerine ulaşmak için yetersiz olduğu için yapıda belirgin gözenekler kalmıştır.



Şekil 5. 800ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

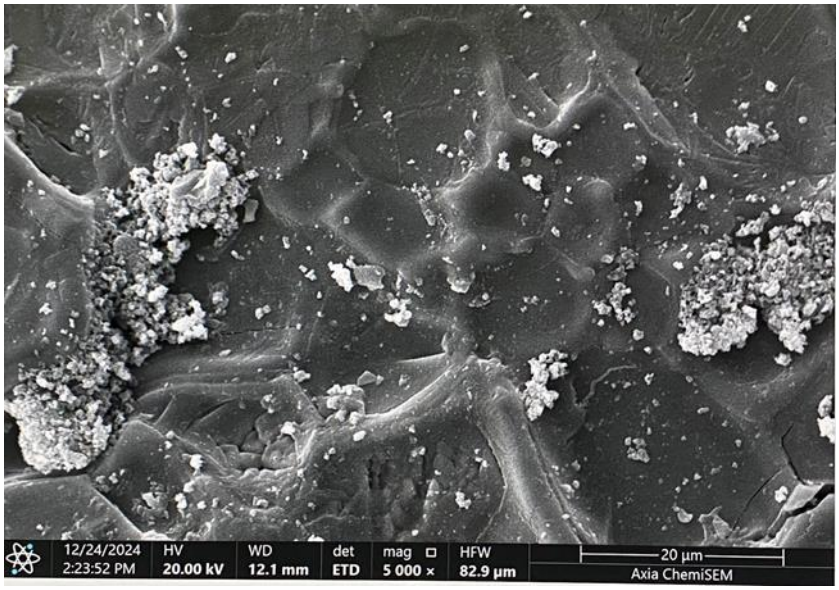
Şekil 6'de verilen SEM görüntüsüne bakıldığında, 800ºC'de sinterlenmiş numuneye göre önemli ölçüde yoğunlaşmanın gerçekleştiği, gözeneklerin önemli ölçüde azalmakla birlikte az miktarda hala yapıda mevcut olduğu söylenebilir. 900ºC'lik sinterleme sıcaklığı, 800ºC'ye göre daha fazla sinterlenmeye ve daha yoğun genel olarak oluşmasına yol açmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 6. 900ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

1000ºC'de sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsünde (Şekil 7), sinterlenmiş çinko fosfor kaplama havuz atık çamurunun 800ºC ve 900ºC sıcaklıklarda sinterlenmiş numunelere göre daha yoğun neredeyse tam yoğun izlenimi veren ve gözeneksiz bir mikro yapı olduğu görülmektedir. 1000ºC'de sinterlenme sıcaklığı, 800ºC ve 900ºC'ye göre daha fazla difüzyona imkan verdiği için daha etkili bir yoğunlaşma mümkün olmuştur.



Şekil 7. 1000ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen fiziksel ve mikroyapısal incelemeler sonucunda elde edilen veriler ele alınırsa, 800°C'de yeterli difüzyona bağlı sinterleme etkinliğinin olmadığı, gözenek yapısının hala mikroyapıda belirgin olduğunu görülürken, 900°C'de yapılan sinterleme sonucunda ise yoğunluk değerli kayda değer şekilde artmıştır. 1000°C'de yoğunlaşma davranışı maksimize olsa da, 900°C üzerinde yapılacak sinterleme sıcaklığının yapıyı bozmaya başladığı anlaşılmıştır. 1000°C'de yapılan sinterleme sonucunda yapının içinde gaz üreten bir reaksiyon sonucu şişme davranışı görülmüş, buda yoğunluk değerini düşürmüş, kullanılabilir ürün ortaya çıkmamıştır.

Hem SEM resimlerinden hem de şekilsel kararlılığın devamı ve hacimsel büzülme oranına göre 900°C'de yapılan sinterleme sonucunda ise yoğunluğun optimum değer olarak belirlenmiştir. Yapılacak CIP ön işlemi ile 900°C'de tam yoğun yapı eldesinin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Narayanan TSNS. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings. Rev Adv Mater Sci 2005;9:130–77.

[2] Narayanan TSNS. Corrosion resistance of phosphate coatings obtained by cathodic electrochemical treatment. Prog Org Coating 2006;55:355–62.

[3] Zhang S. The growth of zinc phosphate coatings on 6061-Al alloy. Surf Coating Technol 2008;202:1674–80.

[4] Wang M, Ma R, Du A, Hu S, Muhammad M, Cao X, Wu J. Corrosion resistance of black phosphorus nanosheets composite phosphate coatings on Q235 steel. Mater Chem Phys 2020;250:123056.

[5] Zhang Y, Chen X, Tan H. Effect of ultrasonic treatment on the morphology and corrosion resistance of zinc-manganese phosphate coatings on 16Mn steel in 3.5% sodium chloride. Int J Electrochem Sci 2023;18(9):100274.

[6] Duszczyk J, Siuzdak K, Klimczuk T, Strychalska-Nowak J, Zaleska-Medynska A. Modified manganese phosphate conversion coating on low-carbon steel. Materials 2020;13(6):1416.

[7] Al-Swaidani AM. Modified zinc phosphate coatings: a promising approach to enhance the anti-corrosion properties of reinforcing steel. MOJ Civil Eng 2017;3 (5):370–4.

[8] Balasubramanian J, Kumar V, Kirubakaran M, Lalwani R. A study on automotive sheetmetal surface pretreatment: liquid activation and low temperature phosphating (No. 2023-28-1324). 2023. SAE Technical Paper.

[9] Doerre M, Hibbitts L, Patrick G, Akafuah NK. Advances in automotive conversion coatings during pretreatment of the body structure: a review. Coatings 2018;8(11): 405.

[10] Lazar P, Cimpoesu N, Istrate B, Cazac AM, Burduhos-Nergis DP, Benchea M, Bejinariu C. Microstructural and mechanical properties analysis of phosphate layers deposited on steel Rebars for civil constructions. Coatings 2024;14(2):182.

[11] Padma M, Shanmugam S, Ravichandran K. Sodium silicate assisted manganese phosphate chemical conversion coating on D2 steel at various concentration. Surface Interfac 2020;20:100547.

[12] Ucaroglu S., 2002. Solidification and recovery of automotive industry hazardous wastes. Ph.D. Thesis, ITU Institute of Sciences.

[13] Bayar, S., Demir, I., Onkal Engin, G., 2009. Modeling leaching behavior of solidified wastes using back-propagation neural networks. Ecotoxicology and Environmental Safety 72, 843e850.

[14] Caponero, J., Tenório, J.A.S., 2000. Laboratory testing of the use of phosphatecoating sludge in cement clinker. Resources Concervation & Recycling 29,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SERAMİK SAĞLIK GEREÇLERİ SIRLARINDA KULLANILAN BAĞLAYICI VE BAKTERİ ÖNLEYİCİ MALZEMELERİN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Beste Bultan TUNA
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
beste.tuna@creavit.com.tr - 0000-0002-6097-3002

İrem ALTINOK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
irem.altinok@creavit.com.tr - 0000-0001-9217-6502

Sezer KULLUK
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
sezer.kulluk@creavit.com.tr - 0009-0009-9631-5368

Orçun ZIRTIL
Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.,
orcun.zirtil@creavit.com.tr - 0009-0007-4277-5049

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Seramik Sağlık Gereçleri (SSG), geniş bir sıhhi ürün gurubunu kapsamakta olup, lavabo, klozet, bide ve rezervuar gibi seramik ürün gruplarını içermektedir. SSG ürünlerinde bünye ve sır olmak üzere iki ana yapı bulunmaktadır. SSG sırı feldspat, kuvars, zirkon, çinko ve bu hammaddelere yüzdürücü özellik kazandırılması amacıyla kaolen kullanılmaktadır. Tüm bu hammaddelerin karakteristiği, son ürünün yüzey özelliklerini doğruda etkilemektedir. Hammaddelerin değirmen fazında karıştırılmasının ardından SSG sırının, SSG bünye üzerinde uygulaması esnasından yüzeye tutunabilmesi ve homojen şekilde yayılabilmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı SSG sırlarını viskozitesi arttırmak ve reolojik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla bağlayıcılar kullanılmaktadır. Kullanılan bağlayıcıların içerdikleri organik malzeme

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

miktarları göz önünde bulundurularak üreticilerin geliştirdikleri bakteri önleyiciler ile birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışma, SSG sırlarında kullanılan farklı bağlayıcı ve bakteri önleyici malzemeler (Bağlayıcı-1/Bakteri Önleyici-1 ve Bağlayıcı-2/Bakteri Önleyici-2) reolojik ve yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Sırın hazırlama aşamalarında litre ağırlığı, viskozite, kuruma süreleri gibi parametreler kaydedilmiş; pişirim sonrası yüzey morfolojisi, renk, parlaklık ve bakteri oluşum durumu analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik Sağlık Gereçleri, Sır, Sır Bağlayıcı, Yüzey Özellikleri

1. GİRİŞ

Seramik sağlık gereçleri, günlük hayatımızda yaygın olarak kullanılan ürünlerdir ve hem estetik hem de hijyen açısından önemli özelliklere sahiptirler. Bu tür seramiklerin üretiminde kullanılan bağlayıcılar ve bakteri önleyici malzemeler, sağlık gereçlerinin fonksiyonel özelliklerini ve güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu bağlayıcı ve bakteriyel önleyici malzemelerin seramiklerin yüzey özelliklerine olan etkileri, hem malzeme bilimi hem de sağlık alanında önemli bir araştırma konusudur [1-3].

Seramik Sağlık Gereçleri üretimi iki ana yapıdan oluşmaktadır. Bunları Seramik Sağlık Gereçleri Bünyesi (SSG Bünye) ve Seramik Sağlık Gereçleri Sırıdır (SSG Sırı). SSG sırı, SSG bünyenin üzerinde pişirim sonrasında ince bir katman haline olan camsı bir fazdır. Pişirim öncesinde SSG bünye üzerine SSG sırının uygulaması önemli bir husus oluşturmaktadır. Seramik sektörüne bakıldığında SSG sırının uygulama yöntemleri olarak dökme, fırça ile sürme, akıtma, tozlama, tuzlama, elektrostatik sırlama ve pistole ile püskürtme gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. SSG sırların uygulanması esnasında ise ağırlıklı olarak pistole ile püskürtme yöntemi uygulanmaktadır. Pistole ile püskürtme yöntemi ise artık günümüzde endüstrinin ihtiyaçları doğrultusunda robotlar kullanılarak yapılmaya başlanılmıştır. Pistole ile püskürtme işlemi esnasında, özellikle de robot vasıtasıyla yapılacaksa sırın bağlayıcı kullanılarak viskozitesinin optimum hale getirilmesi gerekecektir [4-5].

Seramik sağlık gereçleri üretiminde kullanılan bağlayıcılar ve bakteriyel önleyici malzemeler, seramiğin yüzey özellikleri üzerinde önemli değişikliklere neden olabilir. Bu malzemeler, hem mekanik dayanım hem de biyolojik uyumluluk açısından seramiğin performansını artırır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Özellikle bakteriyel önleyici malzemeler, sağlık gereçlerinin hijyenik özelliklerini geliştirmekte ve mikrobiyal enfeksiyon risklerini azaltmaktadır. Bu nedenle, seramik sağlık gereçlerinin üretiminde bu tür malzemelerin doğru seçimi, hem kullanıcı sağlığı hem de ürün performansı açısından kritik öneme sahiptir [6-7].

SSG sırları üretimleri esnasında kullanılan hammaddelerin içerisinde hem öğütme esnasında yüzdürücü özellik sağlayarak, bir miktar reolojik özellik kazandırılması amacıyla kaolen kullanılmaktadır. Sırın reolojik özellikleri, başta uygulama ve pişirim işlemleri esnasında önemli bir etki sağlamaktadır. Bu özellikleri kazandırılmasındaki en önemli etken ise bağlayıcılardır. Bağlayıcılar sırın SSG bünye üzerindeki yüzeye tutunmasına ve homojen olarak dağılabilmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Bu özelliğin kazandırırken de içerdikleri organik bileşen sebebiyle bağlayıcı ile uyumlu bakteri önleyiciler kullanılması tavsiye edilmektedir [1,7].

Bu çalışmada iki farklı bağlayıcı ve bu bağlayıcılar için tavsiye edilen bakteri önleyiciler kullanılmıştır. Kullanılan bağlayıcı ve bakteri önleyici kombinasyonu; Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 ve Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 olarak tanımlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada ticari olarak satılan hidrokolloid yapıya sahip CMC modifikasyonuna sahip Basğlayıcı 1 ve Bağlayıcı 2 ve bu bağlayıcı üreticilerinin tavsiye ettiği bağlayıcı organik yapılarına uygun bakteri önleyiciler kullanılmıştır. İşletme çaplı yapılan bu çalışmalarda kullanılan su ve su içerisinde belli bir oranda uygulanan bağlayıcının cP cinsinden viskozite özelliği Brookfield LVDV-II+PRO Viskozimetre kullanılarak, reolojik özellikler Anton Paar marka Modular Kompakt Reometre MCR 72 kullanılarak, iletkenlik ve tuzluluk değerleri WTW marka Cond 3110 kullanılarak, pH değeri WTW marka pH3110, bakteri ve mantar testi ise Merck Marka Cult Dip combi kiti kullanılarak yapılmıştır. Antibakteriyel testlerde E.coli, Enterococcus Faecalis, Proteus Mirabilis, Penicillium commune, klebsiella pneumoniae ve pseudomonas aeruginosa bakterileri kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak ise Karboksimetil selüloz (CMC) bazlı bağlayıcı kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bağlayıcı eklenen sırların hazırlanması esnasında ve bu sırların eş yoğunlukta olmasının sağlanabilmesi amacıyla çalışmada kullanılan suyun değerleri incelenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kullanım Suyunun Fiziksel Özellikleri.

	Çalışmada Kullanılan Su
Viskozite (cP)	0
İletkenlik (µS/cm²)	677
Tuzluluk (%)	0,2
pH	7,63

Bu çalışmada kullanılan bağlayıcıların su içerisinde %1'lik çözeltilerinin hazırlanması sonucundaki kontrol değerleri incelenmiştir. Bağlayıcı 1'in Bağlayıcı 2'ye göre daha düşük viskozite, daha yüksek iletkenlik, daha yüksek tuzluluk ve daha yüksek pH'a sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bağlayıcılara Ait Girdi Kontrol Sonuçları.

(Su içerisinde)	**Bağlayıcı 1**	**Bağlayıcı 2**
%1'lik Viskozite (cP)	1588	2544
%1'lik iletkenlik (µS/cm²)	3420	1623
%1'lik tuzluluk (%)	1,8	0,8
%1'lik pH	8,43	7,78

Hazırlanan bu çözeltilere reolojik kontroller de yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde Bağlayıcı 2 numunesinin Bağlayıcı 1'e göre düşük ve yüksek kayma hızlarından daha yüksek viskozite sağlayabildiğini göstermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bağlayıcılara Ait Reolojik Kontrol Sonuçları.

Reçete	***Viskozite (Pa.s)***		***Toparlanma (%)***		***Amplitude (LVE)***		***Amplitude (Bozulma)***	
	0,1 (1/s)	**300 (1/s)**	***5 sn***	***10 sn***	**LVE**	**G'>G" (Pa)**	**Curve Cross Over**	**G'=G" (Pa)**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bağlayıcı 1	12,85	0,08	73,5	81,3	10	8,7	-	-
Bağlayıcı 2	24,21	0,35	62,3	64,4	6,06	32,5		

Kullanılan Bakteri önleyicilerin değerleri kontrol edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bakteri Önleyicilerine Ait Girdi Kontrol Sonuçları.

	Bakteri Önleyici 1	**Bakteri Önleyici 2**
İletkenlik (mS/cm²)	31,3	8,76
pH	3,54	3,27

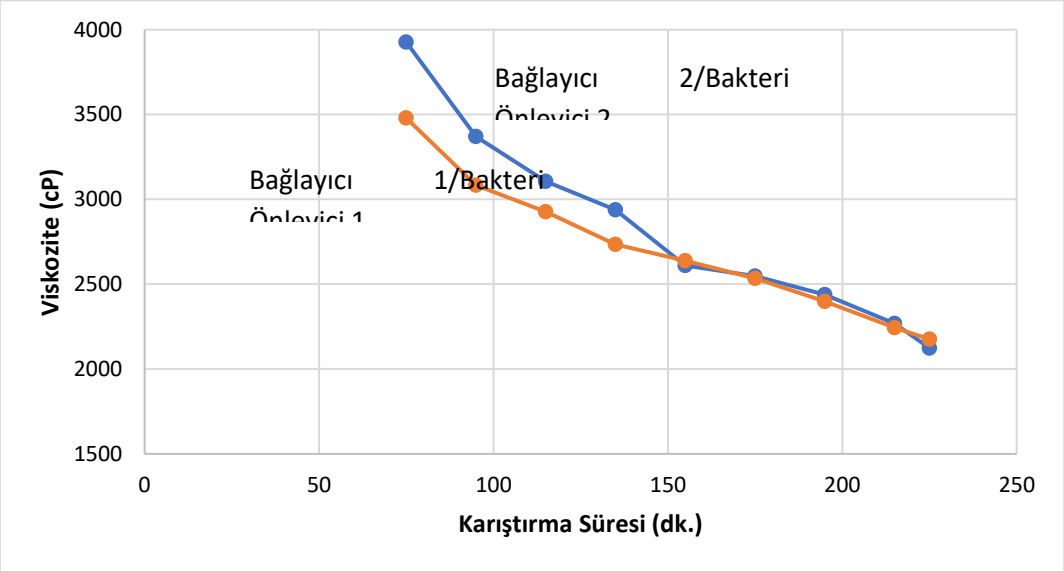
Bağlayıcı/Bakteri Önleyici kombinasyonlarının işletme bazlı olarak 350 kg SSG sırı içerisinde uygulanmıştır. Uygulama %0,22 Bağlayıcı ve %0,10 Bakteri önleyici olarak yapılmıştır. Uygulama esnasında Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2'nin ani yoğunlaşma meydana getirdiği gözlenmiştir (Görsel 1).



Görsel 1. İşletme Çaplı Yapılan Çalışmaya Ait Görseller.

Yapılan çalışmalarda her iki kombinasyonun SSG sırı içerisine 10 dk. sürede sepeleyerek uygulanmış, ardından 30 dk. boyunca karıştırma işlemine tabi tutulmuş ve ardından 120 dk. durağan şekilde beklemişlerdir. Beklemenin ardından 25 dk. daha karıştırılmışlardır. Aydından brookfield viskozite ile viskozite ölçümleri yapılmaya başlanılmıştır. Çözeltilerin karıştırmaya bağlı viskozite değişimleri incelenmiştir. Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 karışımının ilk viskozite değerinin, Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 viskozite değerine göre daha yüksek olduğu fakat toplam 160 dk. sonrasında aradaki fark kapanmış ve eş viskoziteye sahip oldukları tespit edilmiştir (Görsel 2).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Karıştırmaya Bağlı Viskozite Değişim Grafiği.

Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 ve Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 uygulanan SSG sırlarının uygulama süreçleri ve SSG sırının, SSG bünye üzerine uygulanabilmesi amacıyla eş ayar değerlerine getirilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. İşletme Çaplı Yapılan Çalışmaya ait ayar değerleri

Miktar (kg)	350	350
Bağlayıcı	%0,22 Bağlayıcı 1	%0,22 Bağlayıcı 2
Bakteri Önleyici	%0,10 B. Önleyici 1	%0,10 B. Önleyici 2
Sepeleme (dk.)	10	15
İlk karıştırma (dk.)	30	30
Bekleme (dk.)	120	120
Bekleme Sonrası Karıştırma (dk.)	215	215
AYAR		
Litre Ağırlığı (g/L)	1750	1750
Viskozite (cP)	2176	2124
Tor 1	165	165
Sıcaklık (ºC)	17	17
Kuruma Hızı (sn.)	104	118

Hazırlanan ve ayar değerine ulaşan SSG sırlarına ait reolojik kontroller gerçekleştirilmiştir. 300 s-1 değeri 0,28-0,29 Pa.s arasında, LVE ise 22-26 Pa.s arasında değişmektedir. Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 koldu denemenin LVE değeri, Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 2'ye nazaran %10 daha yüksek olduğu gözlenmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. İşletme Çaplı Hazırlanan Çalışmaya Ait Reolojik Kontroller.

Reçete	*Viskozite (Pa.s)*			*Toparlanma (%)*		*Amplitude (LVE)*		*Amplitude (Bozulma)*	
	0,1 (1/s)	**106 (1/s)**	**300 (1/s)**	***5 sn***	***10 sn***	**LVE**	**G'>G" (Pa)**	**Curve Cross Over**	**G'=G" (Pa)**
SSG Sır + Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1	16,24	0,41	0,28	102,6	112,9	0,82	22,9	3,5	8,5
SSG Sır + Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2	18,02	0,42	0,29	101,7	116,8	0,82	25,2	4,3	9,4

Hazırlanan bu SSG sırları işletmede sabit bir sırlama robotu kullanılarak pistole ile püskürtme yöntemi kullanılarak uygulanmıştır (Soldaki görsel Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 ve Sağdaki görsel Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2). Görselde de gözlendiği üzere Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 ile sırlanan üründe ön bant bölgesinde akma gözlenmesine rağmen, Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 ile sırlanan üründe akma tespit edilmemiştir.



Görsel 3. Hazırlanan SSG Sırlarının Uygulama Sonucu

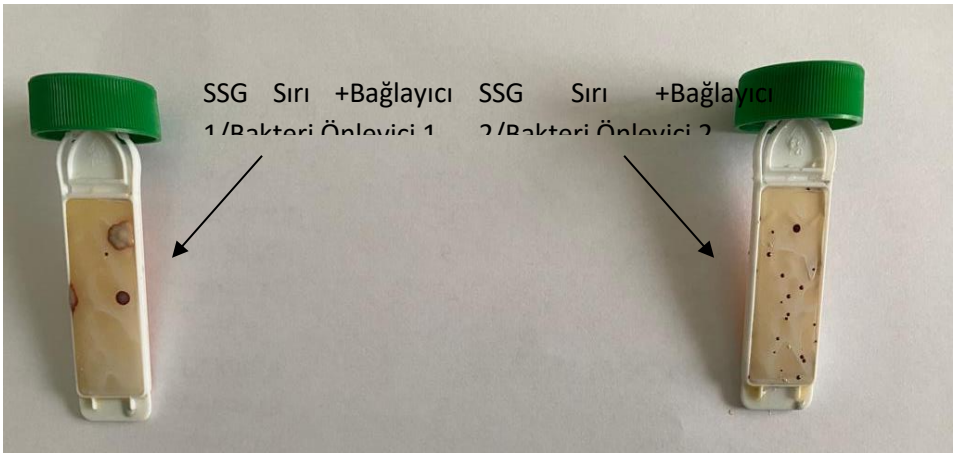
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Hazırlanan SSG sırlarının fiziksel özellikleri kontrol edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. İşletme Çaplı Hazırlanan Çalışmaya Ait Fiziksel Kontroller.

	SSG Sır + Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1	**SSG Sır + Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2**
Litre Ağırlığı (g/L)	1750	1750
İletkenlik (µS/cm²)	1320	1044
Tuzluluk (%)	0,6	0,5
pH	9,13	9,15

48 saatlik inkübasyon süresi boyunca bakteriyel ve fungal aktivite incelenmiştir (Görsel 4). Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 kullanılan SSG sırının, Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 kullanılan SSG sırına göre daha az bakteri ürettiği tespit edilmiştir. Her iki çalışmada da mantar aktivasyonu gözlenmemiştir.



Görsel 4. İşletme Çaplı Hazırlanan Sırlara Ait 48 saat Sonundaki Bakteriyel ve Fungal Aktivite.

Yapılan çalışma sonucunda hazırlanan sırlarla sırlanan ürünlerin pişirim sonucunda renk değerleri ölçülmüştür (Çizelge 8).

Çizelge 8. İşletme Çaplı Hazırlanan Çalışmaya Ait Fiziksel Kontroller.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Reçete	RENK ÖLÇÜMÜ		
	L	a	b
SSG Sır + Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1	91,20	-0,59	-0,57
SSG Sır + Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2	91,01	-0,56	-0,52

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2'nin su içerisindeki %1'lik çözeltisinin yüksek viskozite sağlaması, yine benzer şekilde SSG sırı içerisinde de yüksek viskozite sağlamasına rağmen karıştırma süresi arttıkça Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 çalışmasındaki değerlere aynı değerlere sahip olduğu gözlenmektedir. Bu durumda da daha az miktarda kullanılarak, benzer viskoziteleri sağlayabilmesine olanak tanıyacaktır. Fakat Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 kullanılan SSG sırının, Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1 kullanılan SSG sırına göre daha fazla bakteri oluşturması işletmelerde sırların uygulanmasının ardından artık sırların tekrar kullandığı göz önünde bulundurulduğunda dezavantaj sağlamış olacaktır. Yüzey özellikleri incelendiğinde Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2'in kuruma hızı, Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1'e nazaran daha yüksek olmasına karşın, uygulamada Bağlayıcı 2/Bakteri Önleyici 2 daha olumlu sonuç vermiştir. Görselde de gözlendiği üzere ön bant bölgesinde akma Bağlayıcı 1/Bakteri Önleyici 1'de gözlenmiştir. Fırın çıkışı sonuçları incelendiğinde ise benzer sonuçlar ile karşılaşılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Mosin, Y.M., Mamedova, A.Y. Temporary industrial binders for molding of industrial ceramics (Review). Glass Ceram 51, 249–254 (1994).2. Ceramics Glaze Technology

2. Eppler R. A., Eppler D. A., Glazes And Glass Coatings, American Ceramic Society, 2000

3. Hiraga, H., & Sato, K. (2018). Surface characteristics of ceramics for dental applications: The effect of binder materials and antimicrobial agents. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(3), 415-421.

4. Pinto, S., & Silva, E. (2020). The influence of antimicrobial agents in the surface properties of ceramics. *Ceramics International*, 46(10), 15142-15149.

5. Yılmaz, H., & Ozdemir, A. (2022). Effect of antimicrobial and antibacterial surface treatments on the physical properties of ceramic materials. *Materials Science and Engineering: C*, 114, 112064.

6. Brito, A. P., & Almeida, F. M. (2021). Bioactive and antimicrobial ceramics in medical applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 32(7), 85.

7. Li, Z., & Chen, S. (2023). Antimicrobial activity and surface modification of ceramic materials for healthcare applications. *Surface and Coatings Technology*, 446, 128863.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇİNKO FOSFAT KAPLAMA PROSESİNDE DURULAMA HAVUZ ÇAMURUNUN İNCELENMESİ VE YOĞUNLAŞTIRILMIŞ ÜRÜN ELDE ÇALIŞMASI

Muhammet Barış EKİCİ

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, m.baris.ekici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4263-0636

Sıla TOPÇU

Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, cevre@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0003-0681-8033

Murat ZENGİN

Aydın Endüstri San Tic A.Ş. AR-GE Merkezi, Kozluk Mahallesi, D-100 Yan Yol D:No: 10, 54200, Sakarya, murat.zengin@aydinendustri.com, ORCID: 0000-0002-6171-5574

Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, fcaliskan@subu.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-9568-7049

ÖZET

Çinko fosfat kaplama sürecinde, yüzey hazırlama ve fosfat kaplama işlemi sırasında çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve çözeltinin kirlenmesi sonucunda, arıtma sistemleri (özellikle durulama havuzları) tarafından toplanan atıklar önemli bir yan ürün olarak ortaya çıkar. Bu atıklar, durulama havuzu çamuru ya da arıtma çamuru olarak bilinir. Çinko fosfat prosesinde durulama aşaması, genellikle kaplama çözeltisinin metal yüzeyinden temizlenmesi amacıyla kullanılır. Bu işlem, kirletici maddelerin birikmesine ve dolayısıyla çamurun oluşmasına yol açar. Arıtma çamuru, kimyasal bileşikler, çözünmüş metaller ve çeşitli organik maddeler içerir ve uygun şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Durulama havuzu çamuru, çinko fosfat kaplama işleminde kullanılan çözeltinin arıtılması sürecinde oluşan katı atıklardır. Bu çamur, kaplama çözeltisinin metal yüzeylerinden durulama işlemi ile uzaklaştırılması esnasında çözeltiden ayrılan çökeltilerden oluşur. Çamur, çözeltideki fazlalık çinko, fosfat iyonları, ağır metaller ve diğer kimyasal bileşenleri içerir. Genelde arıtma çamuru, çinko fosfat bileşenleri, ağır metaller, asidik ve alkali bileşikler ve organik maddeler içerebilmektedir. Durulama havuzu çamuru,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

içerdiği ağır metaller ve kimyasal maddeler nedeniyle çevreye zarar verebilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle, çamurun yönetimi ve bertarafı son derece önemlidir. Toprak ve su kirliliği, hava kirliliği ve insan sağlığına etkileri gibi önemli çevresel zararları olabilmektedir.

Arıtma çamuru ile ilgili yukarıda bahsi geçen sebeplerden ötürü bu çalışmada, filmaşinlerin çinko fosfat kaplanması prosesinde önce kimyasal olarak yüzey temizliği yapılacak, sonra çinko fosfat kaplanacaktır. Daha sonra filmaşinler durulama havuzuna alınırlar. Burada tekrarlı durulama sonrasında havuz dibinde çamur çökeltisi oluşacaktır. Oluşan artıma çamuru sıyırılarak havuzdan uzaklaştırılacaktır. Toplanan çamurlar, öncelikle kalsine edilirek kurulacak sonrasında öğütülerek ince toz boyutlarına getirilecektir. Sonrasında çelik kalıpta şekillendirilen ham numuneler, 800°C üzerinde farklı sıcaklıklarda sinterlenerek bulk hale getirilecektir.

Anahtar Kelime: Çinko, fosfat, arıtma çamuru, durulama çamuru, sinterleme

1. GİRİŞ

Çelik filmaşinlerin korozyona karşı direncini artırmak amacıyla uygulanan çinko fosfat kaplama işlemi, bir dizi kimyasal reaksiyonun bir araya gelmesiyle gerçekleştirilir [1,2]. Bu süreç, temel olarak metal yüzeyin hazırlanması, fosfat kristallerinin oluşumu ve yüzeyin nötralizasyonu olmak üzere üç ana aşamada incelenebilir [3]. Çelik filmaşinlerin asit banyosuna daldırılmasıyla başlayan süreçte, hidroklorik asit (HCl) çözeltisi metal yüzeydeki pas, oksit tabakası ve diğer kirleticileri çözerek temizler. Bu aşama, fosfat kaplamanın metal yüzeye daha iyi tutunması için gerekli olan temiz ve aktif bir yüzey sağlar. Asit temizleme işleminin ardından yüzey, bol su ile yıkanarak asit kalıntıları giderilir. Bu adım, sonraki aşamaları olumsuz etkileyebilecek asitlerin nötralize edilmesini sağlar. Yüzey, genellikle asit veya baz çözeltileri kullanılarak pürüzlü hale getirilir. Bu işlem, fosfat kristallerinin oluşumu için gerekli olan çekirdeklenme merkezlerinin sayısını artırarak kaplama kalitesini iyileştirir. Hazırlanan yüzey, çinko fosfat banyosuna daldırılır. Bu banyoda, metal yüzey ile çinko fosfat çözeltisi arasında karmaşık bir kimyasal reaksiyon meydana gelir. Sonuç olarak, metal yüzey üzerinde ince bir çinko fosfat kristali tabakası oluşur. Bu tabaka, korozyona karşı dirençli bir bariyer oluşturur. Çinko fosfat kaplama işleminden sonra yüzey, tekrar bol su ile yıkanarak fazla çözelti ve tuz kalıntıları giderilir. Yüzey, genellikle kromat veya pasivasyon çözeltileri ile nötralize edilir. Bu işlem, asidik fosfat kaplamayı korur ve paslanmaya karşı ek bir direnç sağlar [4]. Bu süreçte, kullanılan kimyasal çözeltilerin nötralizasyonu ve arıtılması sonucu oluşan arıtma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

çamuru demir, çinko ve fostat gibi ağır metaller açısından zengindir. Endüstriyel ham maddeler için yüksek değerli bir ikame olarak hem bir tehlike hem de bir fırsat sunmaktadır [5-7].

Bu çalışmada, filmaşinlerin çinko fosfat kaplama süreci incelenmiştir. İlk olarak, filmaşinler kimyasal olarak temizlenip çinko fosfat ile kaplanmıştır. Kaplama sonrası durulama havuzunda biriken çamur sıyırılarak havuzdan uzaklaştırılmıştır. Toplanan çamurlar kalsinasyon işleminden geçirilmiş, ardından öğütülerek ince toz haline getirilmiştir. Bu tozlar, çelik kalıplarda şekillendirilip 800°C üzerindeki farklı sıcaklıklarda sinterlenerek yoğun numuneler elde edilmiştir. Elde edilen toz ve sinterlenmiş numuneler EDS yöntemiyle karakterize edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Çamur Numunelerinin Kalsinasyonu ve Sinterlenmesi

Bu çalışmada, çelik telin çinko fosfat kaplama durulama havuzundan alınan çamurların karakterizasyonu ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, fosfat kaplama tesisinin çamur çöktürme tanklarından alınan çamur numuneleri incelenmiştir. Farklı işlem aşamalarından elde edilen bu numuneler, prosesin farklı evrelerindeki çamur oluşum mekanizmalarını ve bileşimsel özelliklerini anlamak için kullanılmıştır. Numuneler, içerisindeki muhtemel düşük sıcaklıklı uçucular ve fiziksel suyun uzaklaştırılması için 150 °C'de 90 dakika süreyle kalsine edilmiş ve daha sonra farklı analiz teknikleri için ince toz haline getirilmiştir. Elde edilen tozlar, çelik kalıplarda preslenerek bulk numuneler elde edilmiş ve sinterleme öncesi hazır hale gelmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen çamur numunelerinden elde edilen ham peletler, optimum sinterleme sıcaklığını tespit etmek amacıyla farklı sıcaklıklarda sinterleme ısıl işlemine tabi tutulmuştur. Ham numuneler, ilk olarak organiklerin uzaklaşması için 400°C'de 30 dakika boyunca ön ısıtma işlemine tabi tutulmuş, ardından sırasıyla 800°C, 900°C ve 1000°C sıcaklıklarda 90dk sürelerde 3 farklı izotermal sinterleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sinterleme işlemi sonucunda, presleme sırasında fiziksel olarak bir araya getirilen ve mekaniksel kilitleme şeklinde birbirine tutunan toz partikülleri, ısıl işlem sırasında maruz bırakılan ısı etkisiyle atomsal boyutta difüzyon ile birbirine yaklaşarak kimyasal olarak bağlanacak ve bu mekanizmayla teorik olarak daha yoğun bir yapıya dönüşmesi beklenir. Farklı sinterleme

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sıcaklıklarının, elde edilen numunelerin yoğunluğu ve gözeneklilik oranı üzerindeki etkileri incelenerek, optimum sinterleme koşulları belirlenmeye çalışılmıştır.

2.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

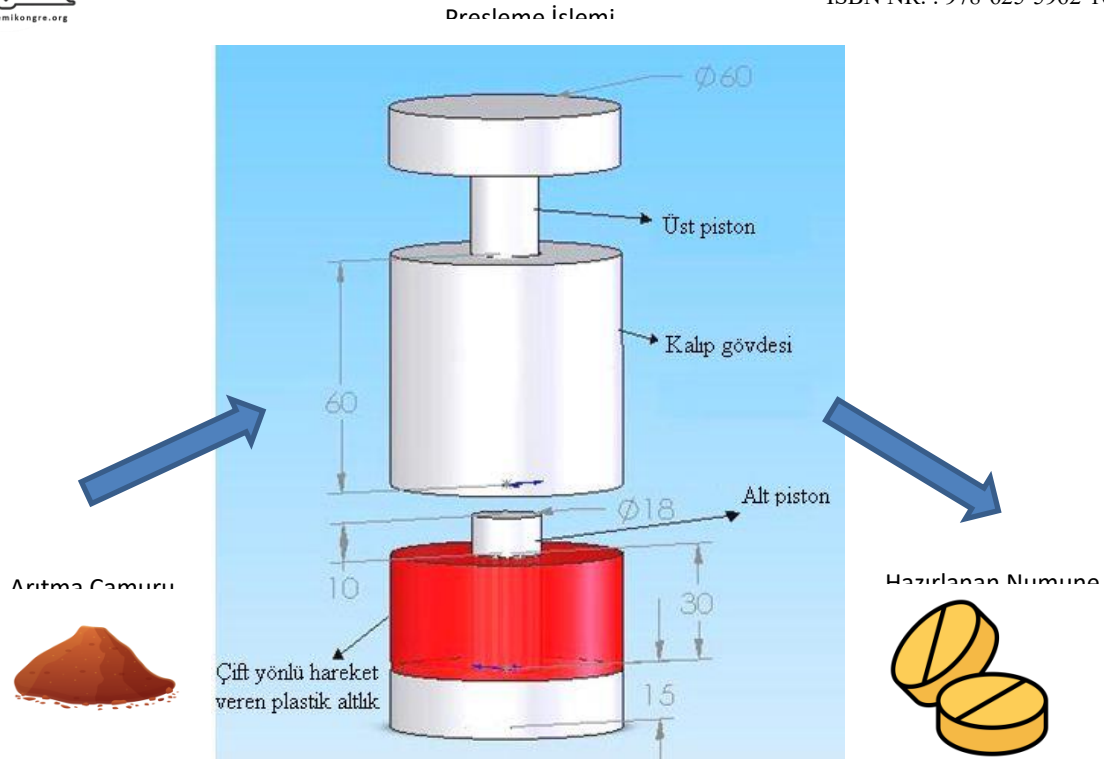
Çinko fosfat kaplama prosesi durulama havuzunda oluşan çamurların mikro yapısal ve bileşimsel karakterizasyonu için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. SEM analizleri ile çamurların yüzey morfolojisi, gözeneklilik, tane boyutu dağılımı ve yüzey pürüzlülüğü gibi mikro yapısal özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen SEM görüntüler, sinterleme işlemi sırasında meydana gelen mikro yapısal değişimlerin anlaşılması ve ürünün fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Çamur Numunelerin Toz Haline Getirilmesi ve Sinterlenmesi

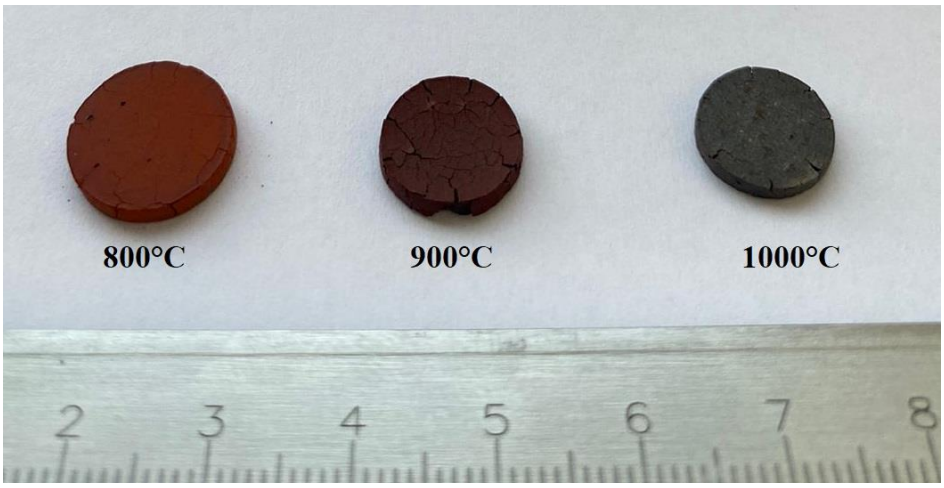
Çamur numuneler, higroskopik suyun ve sonrasında organik maddelerin uzaklaştırılması ve sinterleme yapılacak hammaddenin termal rafinasyonu için öncelikle 150°C'de 90 dakika süreyle sonrada kül fırınında 400°C'de kalsinasyon işlemine tabi tutulmuştur. Kalsinasyon sonucu elde edilen numuneler, daha sonra homojen bir yapıya kavuşturulmak üzere ince bir toz haline getirilmiştir. Son olarak, elde edilen toz numuneler, farklı fiziksel ve kimyasal analiz teknikleri ile incelenebilmesi için çelik kalıplarda preslenerek numune hazırlama işlemi tamamlanmıştır. Numune hazırlama adımları Şekil 1'de sunulmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 1. Numune hazırlama adımları

Hazırlanan numuneler (Şekil 2), ön işlem olarak 400 °C'de 30 dakika süreyle tutularak fiziksel suyun ve organiklerin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Daha sonra, sırasıyla 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 90dk süreyle ısıtılarak sinterleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sinterleme sürecinde, tanecikler arasında atomik difüzyon mekanizmalarıyla kaynaşarak bir araya gelmiş, buda hacimsel küçülmeyle doğrulanmıştır. Boyutsal küçülme ve birleşme meydana gelerek daha yoğun ve mikroyapısal olarak daha homojen bir yapıya geçiş olmuştur. Sinterleme öncesi numunenin geometrik yoğunluğu 1,645 g/cm³ olarak belirlenmiştir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Şekil 2. 800°C, 900°C ve 1000°C'de 90dk süreyle sinterlenmiş atık çamuru çökeltisi numuneleri

3.2. Numunelerin Yoğunluk Sonuçları

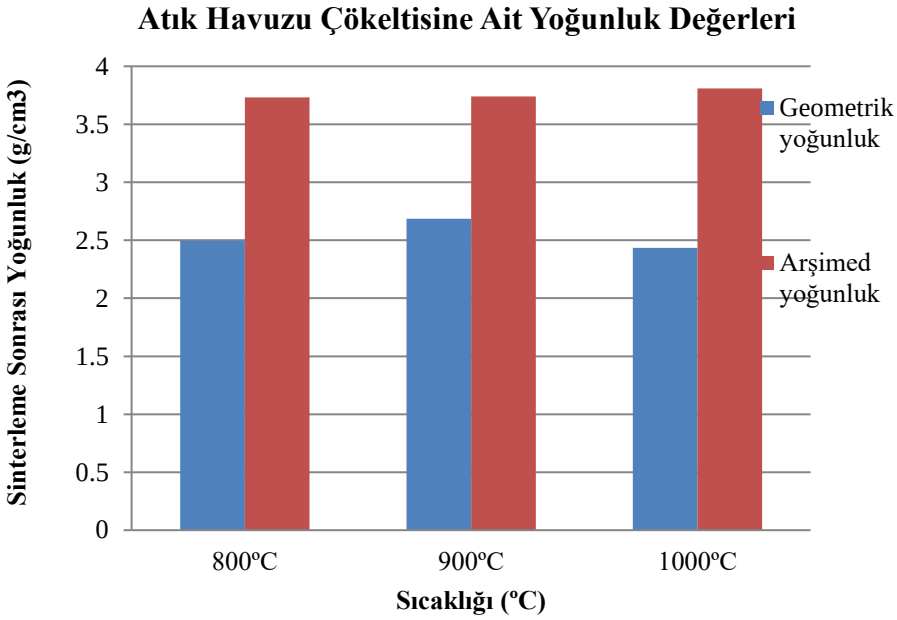
Tablo 1'de sunulan veriler, fosfat çamur numunelerinin farklı sinterleme sıcaklıklarında (800 °C, 900 °C ve 1000 °C) sinterleme öncesi ve sonrası geometrik yoğunlukları ile sinterleme sonrası Arşimet yoğunluklarını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Sinterleme öncesi ölçülen geometrik yoğunluk değerlerinin birbirine yakın olması, numunelerin başlangıçta homojen bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Sinterleme işlemi sonrasında ise geometrik yoğunluk değerlerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Özellikle 1000 °C'de sinterlenen numunede gözlenen anlamlı yoğunluk artışı, sinterleme sürecinde tanecikler arasında boyutsal küçülme ve birleşme ile gözeneklerin kapanması sonucu daha yoğun ve mikroyapısal olarak homojen bir yapıya geçişin gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 1. Farklı sinterleme sıcaklıklarında atık havuzu çökeltisine ait yoğunluk değerleri

Atık Havuz Çökeltisine Ait Yoğunluk Değerleri		
Sinterleme Sıcaklığı (ºC)	Sinterleme Sonrası Geometrik yoğunluk (g/cm^3)	Sinterleme Sonrası Arşimed yoğunluk (g/cm^3)
800	2,496	3,733
900	2,687	3,739
1000	2,434	3,808

Şekil 3'te sunulan Arşimed yoğunluğu değerleri, numunelerin teorik yoğunluğuna en yakın değeri temsil etmektedir. Tüm numunelerde, sinterleme sonrası elde edilen Arşimet yoğunluk değerlerinin, sinterleme öncesi ölçülen geometrik yoğunluk değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, sinterleme işlemi sırasında tanecikler arasında meydana gelen merkezden merkeze yakınlaşmadan kaynaklı boyutsal küçülme ile gözeneklilik oranında azalma ve sonuç olarak daha kompakt bir mikro yapıya geçişin gerçekleştiğini göstermektedir. Geometrik yoğunluk yüzey pürüzlülükleri ve yüzeysel topografyadan önemli şekilde etkilenmektedir. Bu da yoğunluk değerini gerçek yoğunluktan daha düşük değer verebilmektedir. Bu sebepten Arşimet prensibiyle sıvı içerisinde ölçülerek gerçek yoğunluk değerleri tespit edilmiş ve Şekil 3'te verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



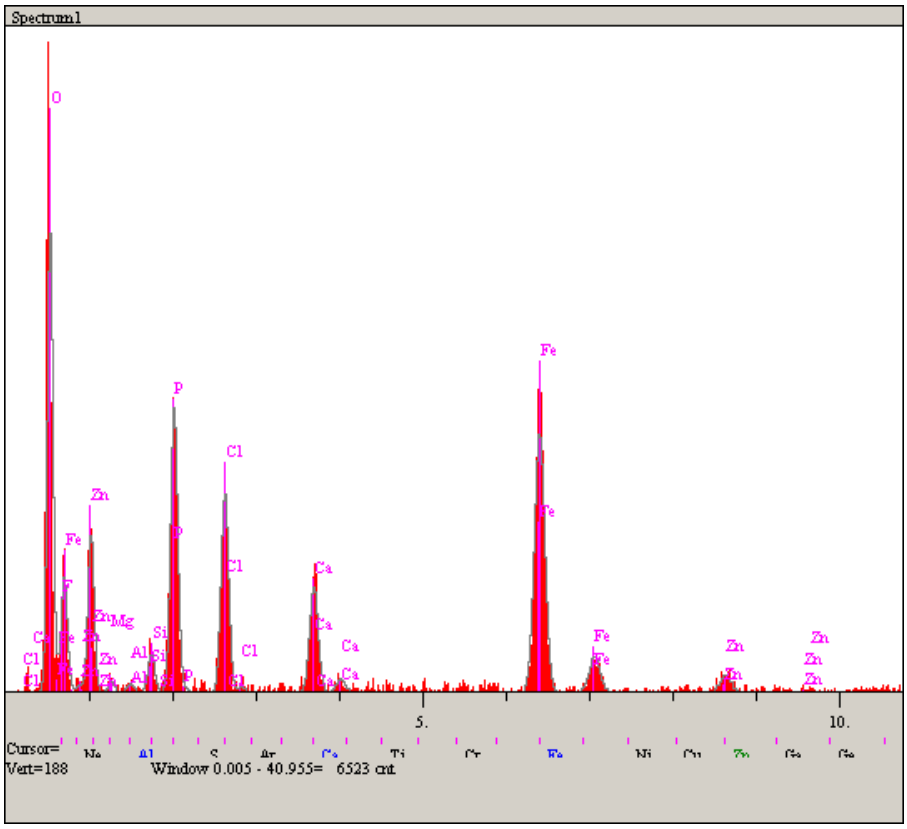
Şekil 3. 800°C, 900°C ve 1000°C sinterlenmiş fosfat çökelti numuneleri yoğunluk değerleri

Sinterleme sıcaklığının artmasıyla genel olarak numunelerin Arşimed yoğunluklarında artış gözlemlenmiştir. Bu durum, numunelerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde gözlemlenen yoğunlaşma davranışlarındaki farklılıklarından da gözlemlenmiştir.

3.3.Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) Analizi

Çamur atığının 150°C'de ısıl işlem gördükten sonra elde edilen tozların EDS kimyasal analizi ile kantitatif olarak elementel analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen EDS grafiği (Şekil 4) ve kantitaif dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 4'teki elementlerin grafiksel dağılımına ve Tablo 2'deki yüzde dağılım verileri incelendiğinde ana elementler olarak Fe, O, P, Zn ve az miktarda Cl, Ca, F ve empürite elementler olarak Si, Mg ve Al tespit edilmiştir. Fe ve O elementleri çelik filmaşinden kopan elementlerdir. Zn ve P ise bir önceki kaplama ünitesinden gelen kaplama elementleridir. Zn-P kaplama havuzunda, kaplama verimliliğinin geliştirilmesi için son zamanlarda Ca'da sisteme eklenmektedir. Tespit edilen az miktardaki Ca'un kaynağının bu olduğu düşünülmektedir. Si, Mg ve Al ise kontaminasyon olarak değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 4. Arıtma çamur atık tozlarının EDS grafiği

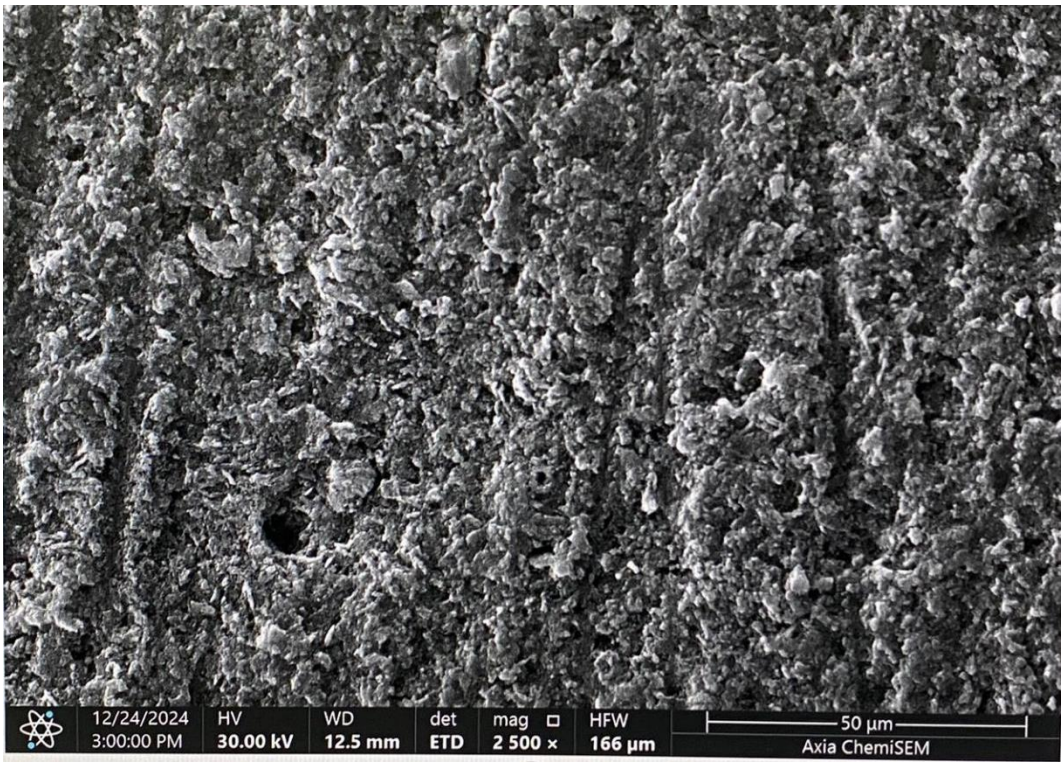
Tablo 2. EDS Elementel analiz sonucu

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
O	Ka	111.47	6.677	27.936	wt.%	
F	Ka	11.80	2.172	3.019	wt.%	
Mg	Ka	2.74	1.046	0.388	wt.%	
Al	Ka	2.48	0.995	0.302	wt.%	
Si	Ka	11.13	2.110	1.190	wt.%	
P	Ka	86.22	5.873	9.317	wt.%	
Cl	Ka	65.14	5.104	7.411	wt.%	
Ca	Ka	38.90	3.944	5.109	wt.%	
Fe	Ka	114.89	6.779	37.410	wt.%	
Zn	Ka	8.18	1.809	7.918	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.4.SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

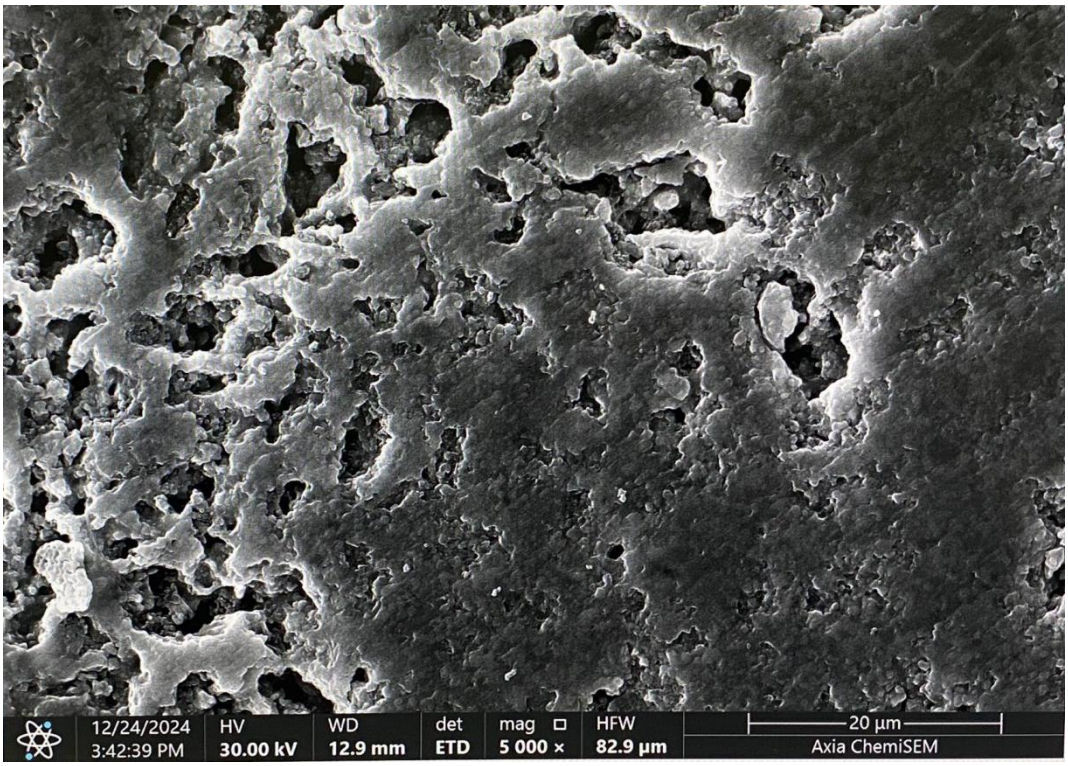
Şekil 5'te sunulan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü, 800 °C'de sinterlenmiş atık havuzu çamurunun mikro yapısını ortaya koymaktadır. SEM mikrografları, sinterlenmiş numunenin düzensiz şekilli ve geniş bir boyut dağılımına sahip taneciklerden oluşan heterojen bir mikro yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Hammaddenin eleme ve öğütme işlemlerine tabi tutulmaması nedeniyle, sinterlenmiş numunede gözlemlenen geniş tanecik boyut dağılımı, ham maddenin heterojen yapısına atfedilebilir. 800 °C'de gerçekleştirilen sinterleme işlemi, tanecikler arasında birleşme ve kısmi yoğunlaşma davranışı sergilemesiyle sonuçlanmıştır. Ancak bu sıcaklık, tam bir yoğunlaşma için yeterli olmadığından, sinterlenmiş numunede belirgin gözeneklilik gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 800ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

Şekil 6'da sunulan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü, 800 °C'de sinterlenmiş numuneye kıyasla 900 °C'de sinterlenmiş numunenin daha yoğun bir mikro yapıya sahip olduğunu göstermektedir. 900 °C'de sinterleme işlemi sonucu, numunedeki gözeneklilik oranında belirgin bir azalma gözlemlenmiş olmasına rağmen, hala küçük miktarlarda gözeneklerin varlığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, 900 °C sıcaklığının, tanecikler arasındaki birleşme ve büyüme mekanizmalarını daha etkin hale getirerek daha yoğun bir mikro yapı oluşumunu sağladığını göstermektedir.

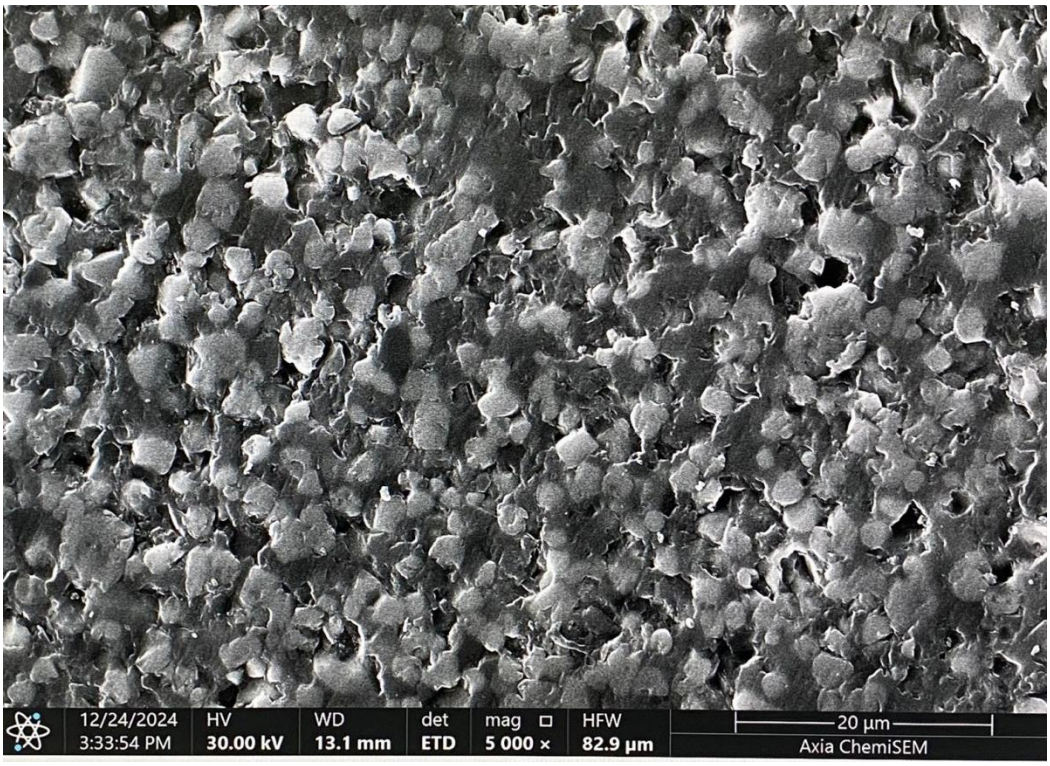
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 6. 900ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

Şekil 7'de sunulan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü, 1000 °C'de sinterlenmiş çinko fosfat kaplama çamurunun, 800 °C ve 900 °C'de sinterlenmiş numunelere kıyasla oldukça yoğun ve neredeyse gözeneksiz bir mikro yapıya sahip olduğunu göstermektedir. 1000 °C'nin yüksek sıcaklığı, tanecikler arasında atomik difüzyon mekanizmalarını hızlandırarak daha etkin bir yoğunlaşma ve gözeneklerin kapanması sürecini tetiklemiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 7. 100ºC'de sinterlenmiş numuneye ait SEM görüntüsü

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen fiziksel ve mikroyapısal incelemeler sonucunda elde edilen veriler ele alınırsa, 800°C ve 900°C'de yeterli difüzyona bağlı sinterleme etkinliğinin olmadığı, gözenek yapısının hala mikroyapıda belirgin olduğunu görülürken, 1000°C'de yapılan sinterleme sonucunda ise yoğunluk değerinin kayda değer şekilde arttığı görülmüştür. 1000°C'de sinterlenen numunelerde maksimum 5 mikron çapında poroziteler görülmüştür. Ancak küresel formda olması mekanik özelliklere ve özellikle kırılma tokluğuna etkisini düşürmede önemli bir parametredir. Çatlak köşe radüslerinin artması ile kırılma tokluğunu iyileştirici etkisi özellikle kırılgan karakterli malzemelerde bilinen bir mekanizmadır.

Hem SEM resimlerinden hem de şekilsel kararlılığın devamı ve hacimsel büzülme oranına göre 1000°C'de yapılan sinterleme sonucunda ise yoğunluğun optimum değer olarak belirlenmiştir. Daha yüksek yoğunluk ve daha yüksek katma değerli ürüne dönüşmesi kısmen artan maliyetle birlikte, tozların öğütülerek submikron seviyelere indirilmesi ve ilave olarak numune hazırlama prosesinde ham numunelerin sinterleme öncesi yoğunluklarını arttırmak için izostatik presleme

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

işlemi uygulanmasıyla 1000°C'de tam yoğun mikroyapıya ulaşmak teorik olarak mümkün gözükmektedir.

Sonuç olarak, çevre kirliliği ve kimyasal atık olması sebebiyle önemli bir atık bertaraf problemi ve maliyetine sebep olan ve halihazırda çimento fabrikalarında yakılarak hem ber taraf edilen hem de düşük katma değerli bir ürün olan, fosfat kaplama prosesi durulama havuz atık çamuru, düşük sıcaklıklı bir ısıl işlem sonrasında özellikle inşaat sektörü gibi alanlarda kullanılmak üzere yüksek yoğunluklu bulk malzemeler olarak üretimi başarılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] D.P. Burduhos Nergis, C. Nejneru, D.D. Burduhos Nergis, C. avin, A.V. andu, .. Toma C. Bejinariu, The galvanic corrosion behavior of phosphated carbon steel used at carabiners manufacturing, evista de Chimie 70, 215-9 (2019).

[2] C. Bejinariu, D.P. Burduhos-Nergis, N. Cimpoesu, mmersion Behavior of Carbon teel, Phosphate Carbon teel and Phosphate and Painted Carbon teel in altwater, Materials 14, 188 (2021).

[3] D.P. Burduhos-Nergis, D.D. Burduhos-Nergis, .M. Baltatu, P. Vizureanu, Advanced Coatings for the Corrosion Protection of Metals, Materials esearch Forul 115 (2022).

[4] S. Oubaha, Y. Taha, M. Loutou, M.O. Mghazli, M. Benzaazoua, R. Hakkou, Fired brick production using phosphogypsum and phosphate mining waste, Construct. Build. Mater. 403 (2023) 133149.

[5] Wang, Y., Liu, Z., Zhang, J., Mao, R., Zhang, Y., 2020. Advanced converter sludge utilization technologies for the recovery of valuable elements: a review. J. Hazard. Mater. 381, 120902 https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120902

[6] Wu, S., Sun, T., Kou, J., Li, H., Gao, E., 2024. Green and efficient recovery of poly metals from converter sludge through reduction roasting and preparation of backfill from tailings. Chem. Eng. J. 479, 147582 https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.147582

[7] R. Hakkou, M. Benzaazoua, B. Bussi`ere, Valorization of phosphate waste rocks and sludge from the Moroccan phosphate mines: challenges and perspectives, Procedia Eng. 138 (2016) 110–118.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Algae from Farm to Table; Effects of Spirulina that increase the benefits of traditional foods

Betül Güroy
Yalova University, Armutlu Vocational School, Department of Aquaculture, Yalova, Turkey
bguroy@yalova.edu.tr, betulguroy@yahoo.com.tr +90 505 343 68 51
ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-4298-6256

Abstract

Spirulina is a microalgae produced in the pH range of 9-11. It is produced in Turkey and sold in markets in powder or tablet form. Spirulina farms will be a sustainable and renewable production model with reduced costs in suitable geothermal water areas in Turkey. It is possible to produce it even in infertile lands in water containing appropriate light and nutrients at 30 degrees Celsius. Spirulina harvesting takes place by filtering-washing-filtering the culture and fresh Spirulina is obtained. Fresh Spirulina can be consumed daily and preserved for a long time by drying or freezing.

Fresh spirulina can be consumed with products such as buttermilk, bread, cake and cookies. Powdered Spirulina is subjected to drying and heat treatment to increase its shelf life. This article examines the differences between using fresh Spirulina or powdered Spirulina in foods.
Key Words: Spirulina, buttermilk, yoghurt, muffin, cookies, tablet

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çiflikten Sofraya Alg; Spirulina'nın geleneksel gıdaların faydalarını arttıran etkileri

Prof.Dr.Betül Güroy
Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksekokulu, Yalova, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-4298-6256
bguroy@yalova.edu.tr, betulguroy@yahoo.com.tr +90 505 343 68 51

ÖZET

Spirulina 9-11 pH aralığında üretilen bir mikroalgdir. Türkiye'de üretimi yapılmaktadır ve marketlerde toz ya da tablet formunda satılmaktadır. Spirulina çiftlikleri, Türkiye'de uygun jeotermal su alanlarında maliyeti azaltılarak sürdürülebilir ve yenilenebilir bir üretim modeli olacaktır. 30°C sıcaklıkta uygun ışık ve besin elementleri içeren suda verimsiz arazilerde bile üretimi mümkündür. Spirulina hasadı, kültürün süzülme-yıkama-süzülme işlemleri ile gerçekleşir ve taze Spirulina elde edilir. Taze Spirulina günlük olarak tüketilebilir ve kurutularak ya da dondurularak uzun süre muhafaza edilebilir.

Taze spirulina ayran, ekmek, kek, kurabiye gibi ürünler ile tüketilebilir. Toz haline getirilen Spirulina raf ümrü daha uzun olması için kurutma işlemi ile ısıl işleme maruz kalmaktadır. Bu makalede gıdalarda "Taze Spirulina" yada "Toz Spirulina" kullanımı arasındaki farklar irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Spirulina, ayran, yoğurt, kek, kurabiye, tablet

1. Spirulina'nın Önemi ve Üretimi

İnsan beslenmesinde eski çağlardan beri bilinen ve kullanılan alglerin besin takviyesi olarak kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Spirulina en çok tüketilen mikroalg cinslerinden biridir. Spirulina hap, tablet, kapsül, toz formlarında besin takviyesi olarak kullanılmasının yanı sıra besin değerini arttırmak ve sağlık etkilerinden yararlanmak için gıda ürünlerine de eklenmektedir. Spirulina CO_2 fiksasyonunda verimli endüstriyel üretimi olan bir mikroalgdir. Spirulina yetiştiriciliği, fotosentez sürecinde atmosfere O_2 bırakması nedeniyle çevre dostu, yenilenebilir ve ekosistemle uyumlu sürdürülebilir bir ekonomik faaliyettir. Yetiştiricilik sonunda hasat edilen Spirulina'nın kalitesi ve besin değeri yetiştiricilik koşullarına ve kurutma koşullarına bağlı değişir. %60 civarında protein içeren Spirulina esansiyel amino asitleri tam ve dengeli içerir. Ayrıca DNA koruyucu etkisi ile antioksidan etkiye sahip mavi renkli doğal bir pigment olan fikosiyanin adı verilen biyoaktif bileşenin nadir kaynaklarından biridir. Algler, karasal bitkilere göre inorganik maddeleri kısa bir sürede organik maddeye dönüştürebilir. Spirulina 3 hafta içinde 30°C sıcaklık ve 9-11 pH ortamında yeterli ışık ve Schlösser Spirulina Ortamı ve jeotermal su içeren besin ortamı koşullarında hasat aşamasına ulaşmaktadır (Güroy ve diğ. 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Jeotermal su ile Spirulina yetiştiriciliği

Mikroalgler yaşadığı çevre koşulları uygun olmadığında, hayatta kalmak ve iç dengelerini korumak amacıyla endüstriyel olarak da kullanılabilen farmasötik ve nutrasötik maddeler gibi bazı metabolitlerin üretimini ve hücre içinde miktarını arttırırlar. Spirulina fotosentezde yardımcı pigment olarak görev yapan ve serbest radikallerin zararlı etkilerini ortadan kaldıran antioksidan özellikte C-fikosiyanin içerir. Antioksidan, hidroksil ve hidrojen peroksit radikalleri gibi nükleotidlere kolaylıkla saldırabilen ve DNA'nın yapısına zarar vererek kalıcı hasara yol açabilen serbest radikalleri engeller. Spirulina'nın DNA korunmasına etkisinin çok iyi olduğunu kanıtlayan bilimsel sonuçlar bulunmaktadır (Güroy ve diğ. 2022).

Siyanobakteriden elde edilen ve dogal mavi renkli bir pigment olan fikosiyanin (C-PC), floresan özelliğinden dolayı akış sitometrisi, bağışıklık ve doku kimyası çalışmalarında floresan prob olarak kullanılmakta, ayrıca antioksidan ve radikal uzaklaştırıcı etkisinden dolayı da besleyici ve tedavi edici olarak kullanılmaktadır.



Görsel 2. Spirulina hasadı, Spirulina tozu ve fikosiyanin

Fikosiyanin, yetiştiriciliği yapılan Spirulina biyokütlesinden ekstrakte edilerek ürüne dönüştürülmektedir. Fikosiyanin maliyeti ise, ekstraksiyon verimine [mg (fikosiyanin) /g (Spirulina)] ve fikosiyanin saflık oranına bağlı (A_{620} / A_{280}) değişmektedir. Fikosiyanin saflık oranı 0.7'den yüksek olduğunda "gıda sınıfı fikosiyanin" olarak kabul edilmektedir ve maliyeti 130 ABD \$ g^{-1} civarındadır (Thevarajah ve diğ. 2024). Fikosiyanin saflık oranı 4.0'dan yüksek olduğunda "analitik derece fikosiyanin" olarak kabul edilir ve maliyeti 15 US \$ mg^{-1} kadar olabilmektedir (Chaiklahana ve diğ. 2011).

Farklı kurutma yöntemleri Spirulina'dan elde edilen fikosiyanin verimini etkilemektedir. Güroy ve diğ. (2017) tarafından, dondurarak kurutulan (-60 C°) Spirulina'daki fikosiyanin miktarı %27,3 olarak belirlenirken fırın kurutma (+40°) yöntemi sonrasında diğer gruba kıyasla %35,4 oranında fikosiyanin kaybı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca dondurarak kurutma tekniğinde fikosiyanin saflık oranı (A_{620}/A_{280}) 1,26 ve fırın kurutma tekniğinde ise 1,16 olarak bulunduğu bildirilmektedir.

Mavi-yeşil bir alg olan Spirulina, 16 yy.'da şimdiki Mexico City'deki Tenochtitlan'da keşfedilmiştir. Spirulina, dengeli protein ve fikosiyanin içeriği nedeniyle 1967 yılında Uluslararası Uygulamalı Mikrobiyoloji Derneği tarafından "Geleceğin Besini" olarak kabul edilmiştir. Spirulina, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından Genel

Olarak Güvenli Tanınan (GRAS) GRN No. 127 olarak sertifikalandırılmıştır (Boyle ve Verghese, 2024). Spirulina, kimyasal bileşimi nedeniyle gelecekteki ürün geliştirme için "Geleceğin Besini" olma potansiyeline sahiptir.

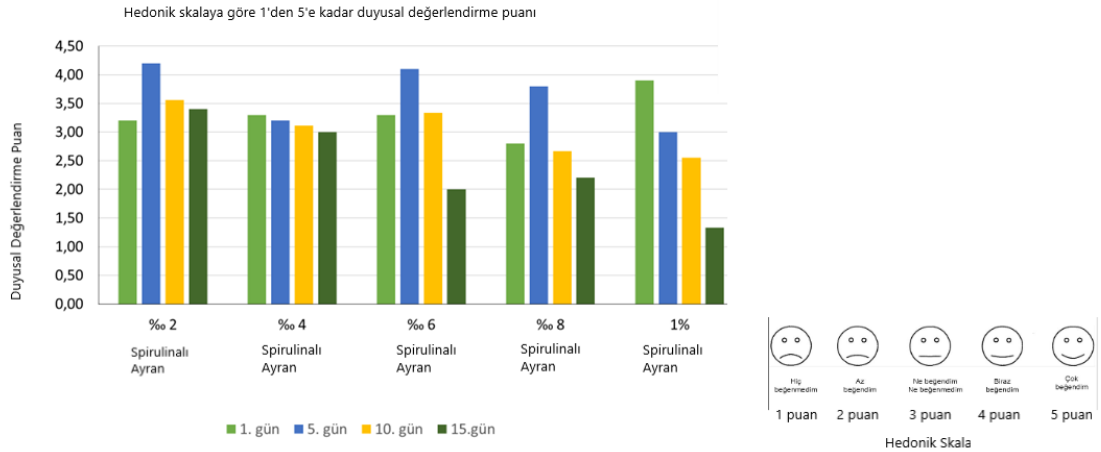
2. Spirulina ile Gıda Uygulamaları

2.1. Spirulinalı Ayran

%60 civarında protein içeren *Spirulina* ile zenginleştirilerek formüle edilen ayran, antioksidan özellikleri ile daha değerli hale gelmektedir (Rose ve diğ. 2023). Spirulina'nın prebiyotik özellikleri ayranın daha hızlı fermente olmasını teşvik edebilmekte ve duyusal kabul edilebilirliği koruyan bir lezzet sunabilmektedir.

Fermente süt ürünleri arasında ayran, eski çağlardan beri Türk geleneksek yemek kültürünün ayrılmaz bir parçası olmuştur (Ergüllü ve Demiryol, 1983). Fermente süt ürünleri, laktik asit bakterileri (LAB) tarafından üretilen biyoaktif metabolitlerin sağladığı gelişmiş biyoyararlanıma, raf ömrüne ve güvenliğe sahiptir. Ayran, fosfolipit içeriğinin yüksek olması, protein içermesi ve kalsiyum, fosfor, B_2 vitamini, B_{12} vitamini, pantotenik asit-B_5 vitamini, potasyum, çinko, iyot ve molibdenin mükemmel bir kaynağı olması nedeniyle besleyici ve sağlığı geliştiren bir gıda içeceğidir. Yüksek besinsel faydalarına rağmen, kültürlü ayran doğal olarak C vitamini, demir ve diyet lifi açısından eksiktir (Cai ve diğ. 2021). Spirulina, süt ürünlerini güçlendirmek için kullanılabilecek doğal bir kaynaktır.

Güroy ve diğ. (2016) tarafından ayrana ‰2, ‰4, ‰6, ‰8 ve %1 oranlarında Taze Spirulina eklendiğinde toplam bakteri üremesi artmıştır.



Görsel 3. Farklı oranda Taze Spirulina içeren ayranların panelistler tarafından duyusal analizi

Spirulina tüketimini yaygınlaştırmayı ve ayranı daha fonksiyonel bir gıda haline getirmeyi amaçlayan çalışmada, ‰2 Taze Spirulina katkılı ayran grubunun koku, kıvam, renk ve tat açısından diğer gruplara göre daha başarılı olduğu bulunmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Taze Spirulina,Toz Spirulina ve Spirulinalı ayran

Ayran tüketimi sonucunda, sindirim iyileştirilebilir, bağışıklık artırılabilir ve kandaki kolesterol seviyeleri düşürülebilir. Fermente süt ürünleri, fermente süt ürünlerinin ekonomik değerini artıran istenen ve öngörülebilir duyusal, reolojik, besinsel ve işlevsel değişikliklere sahiptir (Rose et al. 2023).

2.2. Spirulinalı Yoğurt

Yoğurt, Dünya'da yaygın tüketilen fermente süt ürünleri arasındadır. Yüksek tüketim oranı nedeniyle, Spirulina ile yoğurt zenginleştirilmesi besin eksiklikleriyle ilişkili hastalıkları etkili bir şekilde azaltma potansiyeline sahiptir. 2013 yılında Danone Araştırma Enstitüsü'nün yayınladığı rapora göre yıl içerisinde kişi başına yoğurt tüketiminde birinci ülke 285,6 kap (1 kap = 125 g) ile Hollanda'dır. Hollanda'yı 281,5 kap ile Türkiye, 280 kap ile Fransa takip eder (Kızılaslan ve Solak, 2016).

Yoğurt ilk kez göçebe Türk kavimleri tarafından mayalandırılmış ve süt sağımı geliştirilmesi ile yoğurt yapımı keşfedilmiştir. Yoğurt, hayvan derilerinde saklanan sütün doğal olarak ekşimesi ve pıhtılaşması sonucu oluşan pıhtıdan zamanla geliştirilmiştir olup düzgün şekilde oluşan ekşi pıhtı yoğurt olarak adlandırılmıştır. Yoğurt Türkler tarafından önce Orta Doğu ve Anadolu'ya ve 16. yy.'da Avrupa'ya tanıtılmıştır (Şireli ve Onaran 2012). Yogurt fermente edilmeden önce starter kültür ilavesi sonrası yoğurt hacminin ‰3 ve ‰6 "Spirulina unu" veya "Taze Spirulina" eklenerek hazırlanan yoğurtlarda, Taze Spirulina içeren yoğurtların lezzetinin kontrol grubuna göre farklılık göstermediği, Spirulina içeren yoğurt gruplarındaki asitlik artışının kontrol grubuna göre ise daha az olduğu tespit edilmiştir (Güroy ve diğ. 2016).



Görsel 5. Spirulinalı Yogurt

Barkallah ve diğ. (2017) tarafında ise yoğurda ‰2,5 Spirulina eklenmesi ile fermantasyonun hızlandığı, yoğurdun dokusal özelliklerinin ve duyusal kabul edilebilirliğin korunduğu bildirilmektedir. *Spirulina* içeren yoğurdun protein, yağ ve diyet lifi içeriği kontrol grubundan daha yüksek bulunmuş olup 28 günlük depolama sırasında Spirulina içeren yoğurdun daha iyi su tutma kapasitesi ve yoğurt pıhtısının su tutma kapasitesini artırarak daha düşük sinerezisi gösterdiği tespit edilmiştir.

Spirulina besin değeri yüksek yoğurt geliştirmek için doğal bir bileşen olarak kullanılması önerilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.3. Spirulinalı Muffin

"Muffin" terimi ilk kez 1851'de "London Laboure" adlı İngiliz dergisinde ortaya çıkmış olup un, şeker, yağ ve aromalar içeren tahıllardan yapılan pişmiş gıda maddeleridir (Shukla ve diğ. 2024). Muffinler çeşitli boyutlarda, şekillerde ve tatlarda olduğundan, her yaş grubundan insana kahvaltı veya atıştırmalık olarak servis edilebilir. Isıl işlem koşulları Spirulina üzerinde etkili olduğu için 140 ila 220 °C arasında değişen fırın sıcaklıklarında üretilen muffinlere ilave edildiğinde fonksiyonel ürün olarak besinsel değeri etkilenmektedir.
Fonksiyonel gıdalar, polifenoller, flavonoidler ve fenolik asitler gibi biyoaktif bileşikler yoluyla uygun büyüme ve gelişmeyi teşvik etme, hastalıklara karşı koruma sağlama gibi potansiyel faydaları nedeniyle gıda endüstrisinde büyük önem kazanmaktadır. Biyoaktif bileşikler antioksidan, antihipertansif ve anti-kanser etkileri gibi biyolojik özellikler bakımından zengin olduğu için gıda olarak tüketilmesi, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, kanser ve obezite gibi kronik hastalıklara karşı korunmada sağlık yararları sunmaktadır. Bu nedenle, bu fonksiyonel gıdaların özellikle çocuklar için günlük diyetlere entegre edilmesi, obezite riskini önemli ölçüde azaltırken, genel sağlığı geliştirebilir ve besin eksikliklerini kapatabilir (Konstantinidi ve Koutelidakis, 2019).
Taze Spirulina (*Arthrospira platensis*) veya Spirulina unu (kurutulmuş Spirulina) içeren muffinlerin protein ve fikosiyanin içeriği ile duyusal özellikleri değerlendirilmek üzere Spirulina'nın taze veya kurutulmuş formları 3 farklı seviyede (‰4, ‰6 ve ‰8) muffin karışımlarına eklenmiştir. Kontrol grubuna Spirulina katılmamıştır. Gruplar görünüm, doku, tat, koku, renk ve genel kabul edilebilirlik açısından duyusal analizlerle değerlendirilmiş olup muffinlerin protein ve fikosiyanin içeriği analiz edilmiştir. ‰6 ve ‰8 taze Spirulina içeren gruplarda, diğer gruplardan daha yüksek fıkosiyanin içeriği tespit edilmiştir ($p > 0,05$). ‰8 taze Spirulina içeren grubun fikosiyanin saflığı gıda derecesi (A_{620}/A_{280}) olarak ölçülmüştür. ‰8 kurutulmuş Spirulina içeren grup, koku ve renk açısından en düşük puan alan grup olarak bulunmuştur (Güroy, 2020).



Görsel 5. Spirulinalı muffin ve Spirulina'nın Freeze Drier ile Kurutulması

Boyle ve Verghese (2024) tarafından geliştirilen %2 Spirulina ve %8 yaban mersini içeren muffinlerin, pH, renk ve su aktivitesi stabilitesini 9 günlük raf ömrü boyunca koruduğu ve %1 Spirulina ve %4 yaban mersini içeren deneme grubundan daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği bildirilmektedir.

2.4. Spirulinalı Kurabiye

Biyoaktif bileşen içeren doğal ürünler ile zenginleştirilmiş gıdalar, sağlıklı ürünlerin önceden hazırlık gerektirmeden, pratik bir şekilde tüketilmesini kolaylaştıracak bir alternatiftir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Spirulina ile zenginleştirilip karıştırılabilen ürünler arasında öne çıkan bir seçenek ise kolay taşınabilen ve raf ömrünün uzun olan, pratikliği nedeniyle popüler bir gıda olan kurabiyedir. (Mishra ve diğ. 2014).

Taze Spirulina veya Spirulina tozu içeren kurabiyelerin kalitesi değerlendirilmek üzere fikosiyanin içeriği incelenmiştir. Taze Spirulina biyokitlesi veya Spirulina tozu, kurabiyelere ‰7 ve ‰14 olmak üzere 2 farklı seviyede eklenmiştir. Spirulina içermeyen kurabiye ise kontrol grubu olarak hazırlanmıştır. Spirulina, Yalova Üniversitesi Armutlu Meslek Yüksekokulu Alg Kültür Birimi'nde üretilmiştir. 45 mikron'luk plankton bezi ile hasat edilen *Arthrospira platensis* şebeke suyu ile yıkandıktan sonra süzülmüş ve elde edilen ürün "Taze Spirulina" olarak adlandırılmıştır. Taze Spirulina -60 ºC'de freze-drier cihazı ile dondurularak kurutulmuş ve "Spirulina unu" elde edilmiştir. Kontrol kurabiye; buğday unu, mısır nişastası, yumurta, şeker, kabartma tozu, vanilin ve tereyağ ihtiva etmiştir. Deneme kurabiyelerine ise; hamur ağırlığının ‰7'si ve ‰14'ü oranında taze Spirulina veya Spirulina tozu ilave edilmiştir.

Tüm örneklerde fikosiyanin içeriği, Bossiba ve Richmond, (1979)'a göre modifiye edilerek yapılmıştır.
Fikosiyanin (%) = [A (620) ×10 ×100] / [3,39 ×sample (mg) × (% kuru madde)]
Fikosiyanin Saflık Oranı= (A620) / (A 280) (Antelo ve diğ. 2010)
Fikosiyanin konsantrasyonu (mg/mL) = [A (615)-0.474 * A (652)] /5.34 (Bennett ve Bogorad 1973).
Fikosiyanin verimi (mg/g) = [C-PC (mg/mL) * çözücü hacmi (mL)] / [kuru biyokütle (g)] (Silveira ve diğ. 2007) eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

Kontrol grubunda fikosiyanin tespit edilememiştir. Spirulina içeren gruplar arasında en düşük fikosiyanin içeriği %0,54 ve en yüksek %1,23 olarak tespit edilmiştir. Spirulina unu içeren gruplarda daha yüksek fikosiyanin saflığı tespit edilmiştir. ‰7 Spirulina unu içeren kurabiyeler 22,22 mg/g fikosiyanin verimliliği ile daha başarılı bulunmuştur.
‰14 taze Spirulina içeren kurabiyeler fikosiyanin verimi, içeriği ve konsantrasyonu bakımından, Spirulina unu içeren kurabiyeler ile benzerlik göstermiştir. Spirulina unu 4.1 saflık oranına sahip olduğu tespit edilmiş olup, kurabiyelerde 0.21 ve 0.26 saflık oranı elde edilmiştir. Taze Spirulin'da ise 0.12 ve 0.18 fikosiyanin saflık oranı belirlenmiştir. Spirulina unu veya taze Spirulina aynı oranlarda kurabiyelere katıldığı için renk üzerine etkili pigment miktarının fazla olduğu Spirulina unu gruplarında ile daha yoğun bir yeşil renk ve fikosiyanin kalitesine ulaşılmıştır (Güroy, 2017).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Spirulinalı Kurabiye

Donato ve diğ. (2019) tarafından, %15 oranında Spirulina içeren kurabiyeler, protein ve mineral yüzdeleri açısından %5 ve %10 Spirulina içeren gruplardan daha olduğu ancak %5 oranında Spirulina ile karıştırılan kurabiyeler ve standart kontrol grubu kurabiyeler ile aynı puanla tercih edildiği ve mikrobiyolojik olarak güvenli olduğu belirlenmiştir.

2.5. Spirulina Tableti

Alkali tatlı ve ılık göllerde doğal olarak üreyebilen Spirulina Orta çağ'dan beri bilinmekte olup, 1960'lardan sonra astronot gıdası olarak kullanılmış olup, 1980'lerde yaşlılar ve çocuklar tarafından tüketilmesi gereken bir besin olduğu vurgulanmıştır. 2000'li yıllarda bilinçli insanlar tarafından tüketilen bir alg olan Spirulina Dünya'da toz ve tablet formunda tüketiciye ulaşmaktadır.
Yalova Üniversitesi Alg Üretim Birimi'nde polikarbon serada 3500 L hacimde kültürü yapılan Spirulina platensis sprey kurutucuda kurutularak toz formuna getirilmiştir. Toz haline getirilen Spirulina tablet basma makinesi ile manuel olarak tablet formuna getirilmiştir. Toz ve tablet formları morfolojik değerlendirmeler için FEI Inspect S 50 Model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile analize tabii tutulmuştur. SEM analizlerinde örnekler, altın kaplama ardından iletken karbon bant üzerine yerleştirilerek incelenmiştir. Spirulina platensis'in uygun üretim koşullarında üretilmiş olduğu, herhangi bir katkı yapılmaksızın tablet formuna getirildiği ve doğal Spirulina morfolojisine sahip olduğu taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi ile ortaya konmaktadır (Güroy ve diğ. 2018).



Görsel 7. Spirulina Hasadı, Sprey Kurtuma ile Spirulina, Spirulina Tableti ve SEM ile Analizi
Spirulina, besin elementleri ilave edilen, ışık yoğunluğu, sıcaklık ve pH koşulları uygun olan kapalı fotobiyoreaktörlerde ve açık havuz sistemlerinde üretilebilmektedir ve Spirulina hasatı gerçekleştikten sonra çeşitli ısıl işlem ve öğütme teknikleri ile toz boyutu 200-800 nm arasında

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ince toz haline getirilmektedir. Spirulina tozu, tablet şeklinde preslenerek kolay tüketilebilir ve daha uzun raf ömrü gibi avantajları ile pazarlanmaktadır. Spirulina takviyesi alan obez bireylerde vücut yağ yüzdesinde ve bel çevresinde anlamlı azalmalar görülmüştür (Moradi ve diğ. 2019).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kurutulmuş Spirulina, kurutma işlemi sırasında sıklıkla belirgin bir yosun tadı kazanır, bu da potansiyel olarak tüketim zorlukları yaratarak yiyecek ve içeceklerin tatlarını değiştirebilir (Becker, 2007).

Besleyici protein içeriği yüksek olmasına rağmen kurutulmuş mikro algler henüz yiyecek veya yiyecek ikamesi olarak önemli bir önem kazanmamıştır. Taze Spirulina ve Toz Spirulina kıyaslandığında besin ve kalite açısından eşleşemeyebilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yıllık küresel gıda üretiminin yaklaşık üçte biri israf edilmekte ve küresel gıda israfının toplam maliyeti yılda 2,5 trilyon dolara ulaşmıştır (Bangar ve diğ. 2024). Tarımsal üretim aşamasından son tüketim noktasına kadar gıda, tedarik zinciri boyunca israf edilirken her aşamada karbon emisyonu içeren faaliyetlerde çevreyi kirletmektedir. Gıda kayıplarını ve israfını hafifletmek için "Sorumlu Tüketim ve Üretim" modeli gereklidir. Üretiminden tüketime ulaşana kadar sürdürülebilir uygulamalar ile üretilen gıda ürünleri arasında Spirulina
önemli bir mikroalgdir.

Gıda işleme endüstrisi, önemli su kullanımı nedeniyle büyük tatlı su ayak izleri ile birlikte azot (N), fosfor ve diğer organik bileşikler de dahil olmak üzere besin açısından zengin önemli miktarda atık su üretmektedir. Gıda tedarik zinciri sistemi tarafından 13,7 milyar metrik ton karbondioksit eşdeğeri (CO_2 -eq) üretilir ve bu miktar küresel antropojenik sera gazı (GHG) emisyonlarının %26'sına denk gelir (Thevarajah ve diğ. 2024).

Mikroalg yetiştiriciliği, birçok endüstride, karbon yakalama ve kaynak geri kazanımı için potansiyeli geniş bir uygulama alanıdır. Gıda işleme endüstrisi tarafından üretilen atık akışları diğer sektörlere nazaran daha az toksik maddelerden oluşacağı için atık bazlı üretilen mikroalg biyokütlesinin insan tüketimi için uygulanmasını kolaylaştıracaktır (Nishshanka ve diğ. 2021). Spirulina biyokütlesi ticari pazarda esas olarak kuru toz, kapsül ve tablet formunda ve erişte, makarna, kurabiye ve smoothie gibi biyokütle katılmış gıda ürünleri olarak mevcuttur. Spirulina'daki protein içeriği % 60-70'tir (ağırlık/ağırlık) ve bu oran yumurta (%12,6 protein), et (%43 protein), tam yağlı süt tozu (%26 protein), soya (%37 protein) ve maya (%39 protein) gibi geleneksel protein kaynaklarından daha yüksektir (Thevarajah ve diğ. 2022). Ek olarak, Spirulina'nın toplam proteininin %47'si treonin, valin, metiyonin, lösin, izolösin, fenilalanin, lizin, histidin ve triptofan dahil olmak üzere temel amino asitleri içerir ve bu da onu umut verici bir vegan diyet protein takviyesi yapar.

Spirulina, Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmış doğal bir mavi gıda renklendiricisi (yani, gıda katkı maddesi E18) olarak ticari olarak kullanılan mavi bir pigment proteini olan C-fikosiyanini (C-PC) sentezler. C-PC, antioksidan, nöroprotektif, antiinflamatuar ve hepatoprotektif aktiviteler dahil olmak üzere çok sayıda terapötik özellik sergileyerek, farmasötik ve nutrasötik endüstrilerindeki uygulamasını genişletmektedir (Thevarajah ve diğ.

2023). Spirulina'da karbonhidratlar, esansiyel yağ asitleri, polifenoller, karotenoidler (esas olarak β-karoten), vitaminler (B_1 ve B_3 dahil) ve mineraller bulunmaktadır. Spirulina, tüm biyokütle ve özütlerin yüksek pazar taleplerinden kaynaklanan finansal faydalarla birlikte, gıda güvenliği ve açlık ve yetersiz beslenmeyi hafifletmek için umut verici ve sürdürülebilir bir küresel çözümdür.

Spirulina'nın miksotrofik yetiştirilmesi, yetiştirme maliyetlerini en aza indirmek ve uygun piyasa fiyatlarında biyokütle üretmek için yetiştirmenin ekonomik uygulanabilirliğini artırmak için son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Spirulina yetiştiriciliği sırasında fotosentez için ışık varlığında organik ve inorganik karbonların eş zamanlı asimilasyonu, atık akışlarının entegrasyonu yoluyla da gerçekleşebilir. Bu nedenle, gıda işleme endüstriyel atıklarının, yani atık su, katı atık ve baca gazının Spirulina yetiştiriciliğine entegrasyonu, gıda atıklarının sürdürülebilir şekilde yeni gıda bileşenlerine dönüştürülmesi için gelecek vaat eden ve yenilikçi bir çözüm olacaktır. Ayrıca, besin açısından zengin Spirulina biyokütlesi ve protein ve C-PC özleri de dahil olmak üzere yeni gıda bileşenlerinin üretimi için gıda işleme endüstriyel atıklarında yada jeotermal su ile Spirulina yetiştiriciliği, etkili gıda atığı yönetimi (FWM) ve gıda güvenliği için umut verici, sürdürülebilir ve yenilikçi bir eylem planıdır. Gıda işleme endüstriyel atıklarının Spirulina yetiştiriciliğinde kullanılması, etkili kaynak geri kazanımı yoluyla kişi başına karbon, tatlı su ve malzeme ayak izlerinin azaltılmasına yardımcı olur. Türkiye'nin gıda işleme endüstriyel atıklarının ya da jeotermal su kaynaklarının besin ortamı olarak kullanılarak besin değeri açısından zengin Spirulina biyokütlesine dönüştürülmesi, döngüsel bir biyoekonomiyi korurken "Sorumlu Tüketim ve Üretim" başarılmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKÇA

1. Antelo, F.S., Anschau, A., Costa, J.A.V. & Kalil, S.J. (2010). Extraction and purification of C-phycocyanin from Spirulina platensis in conventional and integrated aqueous two-phase systems. Journal of the Brazilian Chemical Society, 21(5):921-926. doi:10.1590/S0103-50532010000500022
2. Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M.A., Fendri, I., Attia, H., Abdelkafi, S. (2017). Effect of Spirulina platensis fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage, LWT, Volume 84, 2017, Pages 323-330, ISSN 0023-6438, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071
3. (2024) Development of a Functional Food Snack Product Utilizing Underexplored and Underutilized Ingredients: Spirulina Microalgae and Bilberry. Food and Nutrition Sciences, 15, 974-990. https://doi.org/10.4236/fns.2024.1510062
4. Bennett, A., & Bogorad, L. (1973). Complimentary Chromatic Adaptation in a Filamentous Blue Green Alga, The Journal of Cell Biology, 58 No:2 419
5. Becker, E.W. (2007) Micro-algae as a source of protein, Biotechnology Advances, Volume 25, Issue 2, 2007, Pages 207-210, ISSN 0734-9750, https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002.
6. Cai, J., Lovatelli, A, Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., (2021). Seaweeds and Microalgae: An Overview for Unlocking Their Potential in Global Aquaculture Development; FAO Fisheries and Aquaculture Circular: Rome, Italy, 2021; p. 1229.

7. Chaiklahan, R., Chirasuwan, N., Loha, V., Bunnag, B. (2008). Lipid and fatty acids extraction from the cyanobacterium Spirulina. Science Asia 34 299-305.
8. Donato, R.N., Alexandre, Q, J., Figueirêdo, R.M.F., Feitosa, R, M. (2019). Production of Cookies Enriched With Spirulina platensis Biomass. Journal of Agricultural Studies. Vol: 7 DO - 10.5296/jas.v7i4.15483
9. Ergüllü, E ve Demiryol,İ, (1983).Yoğurda Değişik Oranlarda Su Katılarak Yapılan Ayranların Bazı Özellikleri Üzerine Araştırma. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü. Gıda, Yıl:8, Sayı:5 Eylül-Ekim,1983. İzmir.
10. Güroy, B., *Spirulina (Arthrospira platensis) Unu veya Taze Spirulina Biyokitle İçeren Kurabiyelerin C-Fikosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi,* 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 12-15 Eylül, Sinop, 2017.
11. Güroy, B., İlhan, M., Çiçek, H, *Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis of Spirulina (Arthrospira) platensis tablet and powder,* 13th International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, 21-23 November 2018, Ankara, Turkey
12. Güroy, B. Ve Keskin, A.G, *Yoğurda İlave Edilen Spirulina Unu veya Biyoması nın Duyusal ve Bakteriyolojik Analizler Üzerine Etkisi*. Oral session presentation at the meeting of the Alg Technology Symposium, 2016, May, Izmir-Turkey.
13. Güroy, B., Güroy, D., Keskin A.G, *Effects on microbiological and sensory parameters of buttermilk as fermented milk product of Spirulina platensis biomass*. International Congress on Food of Animal Origin, 2016, November, Kyrenia-Cyprus
14. Güroy, B., Karadal, O., Mantoğlu, S. & Cebeci I.O. (2017). Effects of different drying methods on C-phycocyanin content of Spirulina platensis powder. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 34(2): 129-132. doi:10.12714/egejfas.2017.34.2.02
15. Güroy, D., Oğuzkan, S.B., Güroy, D., (2022). Utilization of geothermal water (Sanlıurfa-Karaali) medium to enhance DNA protection and phycocyanin in Spirulina platensis production. Aquaculture Studies, 22(3), AQUAST762. http://doi.org/10.4194/AQUAST762
16. Güroy, B. (2020). Taze Spirulina veya Spirulina Tozu İçeren Muffinlerin Fikosiyanin, Protein İçeriği ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science - Technology 23: 10-18 (2020/1)
17. Kızılaslan, N. ve Solak, İ. (2016). Yoğurt ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Sayı: 12, Sayfa: 52-59, ISSN: 2146-8168.
18. Konstantinidi, M. and Koutelidakis, A.E. (2019) Functional Foods and Bioactive Compounds: A Review of Its Possible Role on Weight Management and Obesity's Metabolic Consequences. Medicines, 6, Article No. 94. https://doi.org/10.3390/medicines6030094
19. Moradi, S., Ziaei, R., Foshati, S., Mohammadi, H., Nachvak, S.M., Rouhani, M.H. (2019). Effects of Spirulina supplementation on obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Complementary therapies in medicine, 47, 102211.
20. Nishshanka, G.K.S.H., Liyanaarachchi, V.C., Premaratne, M., Nimarshana, P.H.V., Ariyadasa, T.U., Kornaros, M. (2021). Wastewater-based microalgal biorefineries for the production of astaxanthin and co-products: Current status, challenges and future perspectives, Bioresource Technology, Volume 342, 126018, ISSN 0960-8524, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126018
21. Bangar, S.P., Chaudhary, V., Kajla, P., Balakrishnan, G., Phimolsiripol, Y. (2024). Strategies for upcycling food waste in the food production and supply chain, Trends in Food Science & Technology, Volume 143, 104314, ISSN 0924-2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104314.

22. Rose, H., Bakshi, S., Kanetkar, P., Lukose, SJ, Felix, J., Yadav, SP, Gupta, PK, & Paswan, VK (2023). *Spirulina plantensis* ile Güçlendirilmiş Kültürlü Ayranın Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu ve Fiziko-Kimyasal ve İşlevsel Özellikleri. *Süt Ürünleri* , *4* (2), 271-284. https://doi.org/10.3390/dairy4020019
23. Silveira, S. T., Burkert, J. F. M., Costa, J. A. V., Burkert, C. A. V., & Kalil, S. J. (2007). Optimization of Phycocyanin Extraction from Spirulina platensis Using Factorial Design. Bioresource Technology, 98, 1629-1634.
24. Shukla, D., Tewari, B.N., Trivedi, S.P., Dwivedi, S., Kumar, V., Tiwari, V., (2024). Quality and functional attributes of muffins with incorporation of fruit, vegetable, and grain substitutes: A review.Journal of Applied and Natural Science, 16(1), 344 -355. https://doi.org/10.31018/jans.v16i1.5330Mishra, P., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2014). Spirulina and its nutritional importance: a possible approach for development of functional food. Biochemistry & Pharmacology, 3, 1-2. https://doi.org/10.4172/2167-0501.1000e171
25. Şireli U, Onaran B. (2012). Yoğurt ve Yoğurdun İnsan Sağlığı Açısından Yararları, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara
26. Thevarajah, B., Nimarshana, P.H.V. Galbadage Don Shehan Sandeepa, Ramaraj Boopathy, Thilini U, Ariyadasa. (2024). Upcycling food processing industrial wastes in Spirulina cultivation: A perspective on the advancement of Sustainable Development Goal 12, Trends in Food Science & Technology, Volume 149, 2024, 104537,ISSN 0924-2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104537.
27. Thevarajah, B., Nishshanka, G.K.SH., Premaratne, M., Nimarshana, P.H.V., Nagarajan, D., Chang, J., Ariyadasa, T.U. (2022). Large-scale production of Spirulina-based proteins and c-phycocyanin: A biorefinery approach, Biochemical Engineering Journal,Volume 185, 108541,ISSN 1369-703X, https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108541.
28. Thevarajah B, Nishshanka GKSH, Premaratne M. (2023). Cyanobacterial pigment production in wastewaters treated for heavy metal removal: current status and perspectives. J Environ Chem Eng 11:108999. https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108999

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MORPHOLOGICAL EVALUATIONS ON THE ANATOMY AND FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE TAIL IN DOMESTİC CATS

Ramazan İLGÜN

[1]Aksaray University, Veterinary Medicine, Department of Anatomy, Aksaray, Türkiye
rilgun1980@hotmail.com, **ORCİD:**0000-0003-0150-3008

ABSTRACT

The tail structure of domestic cats from the Felidae family, which has an important place in our social life today, is an anatomical structure formed by the combination of bone, muscle, vascular and nerve anatomical structures. It is also important in naming cats as a species and because they have different functional tasks. Tail shape and macroanatomical structure play an important role in Veterinary medicine in terms of enabling cats to interact socially with each other and detecting diseases that may occur due to external factors. The aim of our review is to compile scientific studies on tail anatomy and functional structure in domestic cat species, which have an important place in our social life. When the Anatomical Structure and Functions of the tail in domestic cats are examined in our compilation study, the number of tail vertebrae, called Vertebrae caudales, which is a continuation of the spine and varies depending on the cat species, is 21-23. The muscular structure of the tail consists of M.sacrocaudalis and M.coccygeus muscles. In addition, the urogenital organs in this region, the glands in this region and the tail are in contact, and the oily and pheromone secretions produced by the glands are generally important for sexual and social marking behaviors. In summary, information about the tail and surrounding anatomical structures in cats, species distinction, the functional status of the tail in courtship and mating, and the status of the urogenital anatomical structures are presented in our compilation.

As a result, it is concluded that the anatomical structure of the tail has important anatomical and physiological importance in cats and has a critical importance in diagnosis and treatment in Veterinary medicine by giving important clues, especially in disease and traumatic situations.

Keywords: Cat, coccygeal, urogenital systems.

INTRODUCTION

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The tail structure of domestic cats, which has an important place in our social life, is an anatomical structure formed by the combination of bone, muscle, vein and nerve anatomical structures. It is also important in distinguishing cats as species and because they have different functional tasks. The tail shape and macroanatomical structure play an important role in Veterinary medicine in terms of cats' social interaction with each other and in the detection of diseases that may occur due to external factors. The purpose of our review is to compile scientific studies on the tail Anatomy and Functional structure of domestic cats, which have an important place in our social life (1, 2, 6, 8). Reighard and Jennings (2022) reported that when we examine the macroanatomical features of the tail vertebrae in cats, the general features of a vertebra, arcus vertebrae, processus transversus, proc.art. cranialis and proc.art. caudalis joint protrusions are evident up to the 8th or 9th vertebra, while the proc. transversus lateralis is reduced in size at the 9th vertebra (7). Vertebrae caudales-coccygea form the bones of the tail. Dursun (2008) reports that the corpus structure found in the normal vertebral structure begins to change after the 1st-2nd tail vertebrae and becomes a small cylindrical bony formation (5). The average number of tail vertebrae in dogs is 18-22 (5), while in other literature (7) it is reported that the number of tail vertebrae in cats varies between 21-23 (7). It is reported that there are small protrusions, the proc. hemalis, as you approach the last tail vertebra. It has been reported in the literature (7) that the last tail vertebra is more pointed than the others and is a separate conical piece at the tail end (7).

Musculi caudae tail muscles are very well developed in cats (1, 2, 3). It has been reported in the literature (4, 5) that there are two groups of tail muscles and that these extend from the pelvis to the first tail vertebra, and the second group of tail muscles, the origins and insertions of which are located in the lower part of the tail skeleton, are; m.sacrocaudalis, ventralis medialis, m.sacrocaudalis ventralis lateralis, m.sacrocaudalis dorsalis medialis located on the tail, m.sacrocaudalis dorsalis lateralis located on the tail and m.sacrocaudalis ventrales caudae and mm.sacrocaudalis dorsales caudae located on the side of the tail (4, 5). It is reported that these muscle groups provide the functions of lifting and lowering the tail, pressing the tail and approaching the perineal region, and taking it between the legs (1, 6, 8). Since domestic cats are one of the most extensively studied animals, especially in the fields of neuroanatomy and behavior, the behavior of the tail has provided important findings in scientific terms. In the literature on its importance in terms of movement and balance (1, 2, 3), it has been concluded that the balance adjustments made by the tail in response to balance disorders are of descending (probably vestibular) origin rather than segmental, and reflex studies conducted in cats with sacrocaudal transection have revealed that segmental tail reflexes increase rather than decrease (1, 2, 3).

The fact that the hierarchy in the interpretation of behavior in tail movements and the upward movement are seen as affiliation behavior only in domestic cats and lions, which come from different evolutionary lineages, indicate that this signal probably evolved as a result of similar selective pressures acting only on the two most social cat species (1, 2, 3).

Tail Movements in Cats

Cats use their body language very well to express their feelings, emotions and desires. Tail movements in particular are one of the most important meanings in cat body language communication. In the literature (6), you can learn about your pet cat's feelings, mood, movements and desires by observing how it moves its tail. It is reported that an upright and upward tail movement indicates happiness, self-confidence and attracting attention, a wagging tail movement indicates excitement, nervousness and caution, lowering the tail indicates illness, curling it indicates a sense of security and sleep, and waving the tail indicates being under threat and fear (2, 6, 8).

CONCLUSION

As a result, it is concluded that the anatomical structure of the tail has significant anatomical and physiological importance in cats and is of critical importance in diagnosis and treatment in veterinary medicine, providing important clues, especially in disease and traumatic conditions.

REFERENCES

1. Bradshaw, J., and Cameron-Beaumont, C. (2000). The signalling repertoire of the domestic cat and its undomestic relatives D.C. Turner, P. Bateson (Eds.), The Domestic Cat: The Biology of its Behaviour (second ed.), Cambridge University Press, pp. 67-93.

2. Cafazzo, S. and Natoli, E. (2009) The social function of tail up in the domestic cat (Felis silvestris catus), *Behavioural Processes*, Volume 80, Issue 1, Pages 60-66.

3. Curt, W., Charles, J., Vierck, L. and Ritz. A. (1998). Balance in the cat: role of the tail and effects of sacrocaudal transection, *Behavioural Brain Research*, Volume 91, Issues 1–2, pp 41-47.

4. Dursun, N., *Veteriner Topografik Anatomi.* Medisan yayınevi. Ankara, pp 118-126, 2007.

5. Dursun, N., *Veteriner Anatomi I.* Medisan Yayınevi, Ankara, pp 132, 2008.

6.https://www.petsmart.com.tr/blog/icerik/kedilerde-kuyruk-hareketleri-anlamlari-ve-yorumlama?srsltid=AfmBOopmW6uYf8qUz5dRmQPsbWp_CSZlxQegZH644FHJaddLQKhpGIK.

7. Reighard, J., & Jennings, H. S. (2022). *Anatomy of the Cat*. DigiCat.pp 90-150.

8. Wada, N., Nakata, A., Koga O. and Mikihiko, T. (1994). Anatomical study of the cat tail and tail movement due to activity of the tail muscles. *Journal of Veterinary Medical Science*, Vol. 56, No. 6, pp. 1107-1112.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MORPHOLOGICAL EVALUATIONS ON THE ANATOMY AND FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE TAIL IN DOMESTİC CATS

Ramazan İLGÜN

[1]Aksaray University, Veterinary Medicine, Department of Anatomy, Aksaray, Türkiye
rilgun1980@hotmail.com, **ORCİD:**0000-0003-0150-3008

ABSTRACT

The tail structure of domestic cats from the Felidae family, which has an important place in our social life today, is an anatomical structure formed by the combination of bone, muscle, vascular and nerve anatomical structures. It is also important in naming cats as a species and because they have different functional tasks. Tail shape and macroanatomical structure play an important role in Veterinary medicine in terms of enabling cats to interact socially with each other and detecting diseases that may occur due to external factors. The aim of our review is to compile scientific studies on tail anatomy and functional structure in domestic cat species, which have an important place in our social life. When the Anatomical Structure and Functions of the tail in domestic cats are examined in our compilation study, the number of tail vertebrae, called Vertebrae caudales, which is a continuation of the spine and varies depending on the cat species, is 21-23. The muscular structure of the tail consists of M.sacrocaudalis and M.coccygeus muscles. In addition, the urogenital organs in this region, the glands in this region and the tail are in contact, and the oily and pheromone secretions produced by the glands are generally important for sexual and social marking behaviors. In summary, information about the tail and surrounding anatomical structures in cats, species distinction, the functional status of the tail in courtship and mating, and the status of the urogenital anatomical structures are presented in our compilation.

As a result, it is concluded that the anatomical structure of the tail has important anatomical and physiological importance in cats and has a critical importance in diagnosis and treatment in Veterinary medicine by giving important clues, especially in disease and traumatic situations.

Keywords: Cat, coccygeal, urogenital systems.

INTRODUCTION

The tail structure of domestic cats, which has an important place in our social life, is an anatomical structure formed by the combination of bone, muscle, vein and nerve anatomical structures. It is also important in distinguishing cats as species and because they have different functional tasks. The tail shape and macroanatomical structure play an important role in Veterinary medicine in terms of cats' social interaction with each other and in the detection of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

diseases that may occur due to external factors. The purpose of our review is to compile scientific studies on the tail Anatomy and Functional structure of domestic cats, which have an important place in our social life (1, 2, 6, 8). Reighard and Jennings (2022) reported that when we examine the macroanatomical features of the tail vertebrae in cats, the general features of a vertebra, arcus vertebrae, processus transversus, proc.art. cranialis and proc.art. caudalis joint protrusions are evident up to the 8th or 9th vertebra, while the proc. transversus lateralis is reduced in size at the 9th vertebra (7). Vertebrae caudales-coccygea form the bones of the tail. Dursun (2008) reports that the corpus structure found in the normal vertebral structure begins to change after the 1st-2nd tail vertebrae and becomes a small cylindrical bony formation (5). The average number of tail vertebrae in dogs is 18-22 (5), while in other literature (7) it is reported that the number of tail vertebrae in cats varies between 21-23 (7). It is reported that there are small protrusions, the proc. hemalis, as you approach the last tail vertebra. It has been reported in the literature (7) that the last tail vertebra is more pointed than the others and is a separate conical piece at the tail end (7).

Musculi caudae tail muscles are very well developed in cats (1, 2, 3). It has been reported in the literature (4, 5) that there are two groups of tail muscles and that these extend from the pelvis to the first tail vertebra, and the second group of tail muscles, the origins and insertions of which are located in the lower part of the tail skeleton, are; m.sacrocaudalis, ventralis medialis, m.sacrocaudalis ventralis lateralis, m.sacrocaudalis dorsalis medialis located on the tail, m.sacrocaudalis dorsalis lateralis located on the tail and m.sacrocaudalis ventrales caudae and mm.sacrocaudalis dorsales caudae located on the side of the tail (4, 5). It is reported that these muscle groups provide the functions of lifting and lowering the tail, pressing the tail and approaching the perineal region, and taking it between the legs (1, 6, 8). Since domestic cats are one of the most extensively studied animals, especially in the fields of neuroanatomy and behavior, the behavior of the tail has provided important findings in scientific terms. In the literature on its importance in terms of movement and balance (1, 2, 3), it has been concluded that the balance adjustments made by the tail in response to balance disorders are of descending (probably vestibular) origin rather than segmental, and reflex studies conducted in cats with sacrocaudal transection have revealed that segmental tail reflexes increase rather than decrease (1, 2, 3).

The fact that the hierarchy in the interpretation of behavior in tail movements and the upward movement are seen as affiliation behavior only in domestic cats and lions, which come from different evolutionary lineages, indicate that this signal probably evolved as a result of similar selective pressures acting only on the two most social cat species (1, 2, 3).

Tail Movements in Cats

Cats use their body language very well to express their feelings, emotions and desires. Tail movements in particular are one of the most important meanings in cat body language communication. In the literature (6), you can learn about your pet cat's feelings, mood,

movements and desires by observing how it moves its tail. It is reported that an upright and upward tail movement indicates happiness, self-confidence and attracting attention, a wagging tail movement indicates excitement, nervousness and caution, lowering the tail indicates illness, curling it indicates a sense of security and sleep, and waving the tail indicates being under threat and fear (2, 6, 8).

CONCLUSION

As a result, it is concluded that the anatomical structure of the tail has significant anatomical and physiological importance in cats and is of critical importance in diagnosis and treatment in veterinary medicine, providing important clues, especially in disease and traumatic conditions.

REFERENCES

1. Bradshaw, J., and Cameron-Beaumont, C. (2000). The signalling repertoire of the domestic cat and its undomestic relatives D.C. Turner, P. Bateson (Eds.), The Domestic Cat: The Biology of its Behaviour (second ed.), Cambridge University Press, pp. 67-93.

2. Cafazzo, S. and Natoli, E. (2009) The social function of tail up in the domestic cat (Felis silvestris catus), *Behavioural Processes*, Volume 80, Issue 1, Pages 60-66.

3. Curt, W., Charles, J., Vierck, L. and Ritz. A. (1998). Balance in the cat: role of the tail and effects of sacrocaudal transection, *Behavioural Brain Research*, Volume 91, Issues 1–2, pp 41-47.

4. Dursun, N., *Veteriner Topografik Anatomi.* Medisan yayınevi. Ankara, pp 118-126, 2007.

5. Dursun, N., *Veteriner Anatomi I.* Medisan Yayınevi, Ankara, pp 132, 2008.

6.https://www.petsmart.com.tr/blog/icerik/kedilerde-kuyruk-hareketleri-anlamlari-ve-yorumlama?srsltid=AfmBOopmW6uYf8qUz5dRmQPsbWp_CSZlxQegZH644FHJaddLQKhpGIK.

7. Reighard, J., & Jennings, H. S. (2022). *Anatomy of the Cat*. DigiCat.pp 90-150.

8. Wada, N., Nakata, A., Koga O. and Mikihiko, T. (1994). Anatomical study of the cat tail and tail movement due to activity of the tail muscles. *Journal of Veterinary Medical Science*, Vol. 56, No. 6, pp. 1107-1112.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EVALUATIONS ON MALE GENITAL SYSTEM MORPHOLOGY AND ENDOCRINE MECHANISM OF SPERMATOGENESIS IN DOGS

Ramazan İLGÜN[1]
Caner ÖZTÜRK[2]

[1]Aksaray University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Anatomy, Aksaray, Türkiye
rilgun1980@hotmail.com, **ORCİD:**0000-0003-0150-3008

[1]Aksaray University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Reproduction and Artificial Insemination, Aksaray, Türkiye
canerozturkvt@gmail.com, **ORCİD:**0000-0003-0566-0684

ABSTRACT

The anatomical structures that form the genital system in male dogs, which has an important place in our rural and urban social life, are very important in terms of the survival of the reproductive ability of the creature. The fact that the penis, one of the genital organs of male dogs, also has a urination function plays an important clinical role in Veterinary medicine in terms of the diagnosis of possible urogenital system diseases. Morphologically, the male genital system consists of the testicles, epididymis, ducts and genital accessory glands that provide movement and motility to the sperm with their secretions, the penis and preputium where urine and sperm are excreted.Spermatogenesis is governed by neuroendocrine activity along the hypothalamic-pituitary-testicular axis. Less is known about the effects of LH, FSH, and testosterone on spermatogenesis in dogs than in other species. GnRH agonists reduce the effects of pituitary GnRH receptors, leading to decreased gonadotropin secretion and testosterone production. Gonadotropin deficiency in dogs results in complete cessation of spermatogenesis in approximately 2–4 weeks and the absence of sperm cells in the ejaculate in 5–7 weeks. As for the recovery period of spermatogenesis; spermatocytes will begin to appear again in 3 weeks, developing spermatids in 3–9 weeks, and spermatids (complete spermatogenesis) in 9–24 weeks. In dogs, testicular size returns to normal within 24–27 weeks and sperm density reaches its previous level within 29 weeks. The aim of our review is to compile scientific references on the morphology of the male internal and external genital system in dogs, sperm production and endocrine control of Spermatogenesis.

As a result, it is concluded that the morphology and hormonal mechanism of the genital system in male dogs are of critical importance in diagnosis, analysis and treatment in Veterinary medicine in diseases, pathological conditions and artificial insemination applications.

Keywords: Endocrine system, genital system, male dog, Spermatogenesis

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INTRODUCTION

The anatomical structures that form the male genital system in dogs, which have an important place in our rural and urban social life, are important for the survival of the reproductive ability of the creature and the continuation of its lineage. The fact that the penis, one of the genital organs of male dogs, has the function of mating and urination plays an important clinical role in Veterinary medicine in terms of the diagnosis and prognosis of possible urogenital system diseases.

The male reproductive organs consist of the internal reproductive organs, the testes, which produce sperm, the epididymis, which stores sperm, the ductus deferens, which transmits sperm, the accessory reproductive glands, which provide the color, vitality, odor, consistency and fertilization ability of the sperm, the external reproductive organs, the urethra masculina, the urinary and copulatory organ penis, and the skin of the penis, the preputium (1, 4, 5).

Testis

It weighs an average of 10-15 g in dogs and has two surfaces, facies lateralis and facies medialis, and two ends, extremitas capitata and extemitas caudata. It consists of seven layers as tunica testis (4, 5). In the testis; Spermatozoa develop in the seminiferous tubules and are reported to pass from the straight tubules to the intratesticular rete in the mediastinum testis, leave the testis via the rete testis and enter 13-20 efferent ductules, depending on the species (6).

Scrotum

The outermost of the tunica testis layers, the cutis scroti cutis skin is thin and elastic. It contains fine hair. The raphe scroti is the median line and the line corresponding to each testicular protrusion. The vascular supply of the testis is provided by the a.testicularis. In the dog, it is anatomically located in the regio perinealis region (4). The thermoregulatory function of the scrotum is provided by the m.creamaster muscle and the plexus pampiniformis of the testicular arteries and veins, which provide maximum contact of the cooled venous blood with the warmer arterial blood (6).

Epididymis

It is divided into three anatomical parts as caput, corpus and cauda epididymis. Caput epididymis is located at the anterior end of the testis in dogs. Corpus epididymis ductuli efferentes is formed by the ductus epididymis channel where the testis opens and is the part where spermium is stored and gains the ability to fertilize, it continues as ductus deferens and opens as ductus ejaculatorius in dogs (4, 5).

Glandulae genitales accessoriae

The accessory reproductive glands are the glandula vesicularis, prostata and glandula bulbourethralis. The glandula vesicularis is not present in carnivores. The prostate is large, single-lobed in carnivores and forms a large portion of the ejaculate. The glandula bulbourethrales has a secretion that provides the consistency of the sperm (1, 4).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Penis

The penis is the mating organ and also an organ of the male genital system that allows the discharge of urine and the transfer of sperm into the vagina during copulation. The penis consists of three main parts. The root of the penis is called the radix penis, the body is called the corpus penis, and the head is called the glans penis. In dogs, the glans penis is long and has a bone surrounded by the corpus spongiosum Os penis, and this bone opening is in the form of a grooved catheter pointing downwards, through which the urethra passes (4).

Urethra Masculina

A long canal that allows urine and semen to be expelled (4).

Preputium

It is a sheath made of skin surrounding the penis. In dogs, it contains long hairs (4).

Endocrine mechanism of spermatogenesis

The production of sperm cells is controlled by the influence of many hormones. The primary organs that produce the hormones involved in the production process are the hypothalamus, pituitary gland and testes. Some of the pituitary hormones, such as follicle stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH), as well as the gonadal hormones – androgens and estrogens (3) – are considered the basic hormones for spermatogenesis (7).

Estrogens also play important roles during spermatogenesis (3). The testes have two main functions: sperm cells and hormone production. Spermatogenesis begins with the mitotic division of spermatogonia, and after two meiotic divisions activated by retinoic acid at puberty, spermatids are released into the lumen of the seminiferous tubules by the process of spermination. Spermation is regulated by FSH and testosterone (2, 7).

Serum Anti-Müllerian hormone (AMH) is stimulated by FSH and is present at high levels before puberty. This hormone decreases during puberty due to FSH suppression by LH-induced androgens (10). In addition to being responsible for the regression of the Müllerian ducts during male sexual differentiation, AMH also plays a role in the regulation of androgen production in the testes after birth (8).

Sertoli cells are unique somatic cells extending from the basement membrane to the lumen of the seminiferous tubules and play important roles during spermatogenesis and spermination. These cells produce the androgen binding protein (ABP) required to maintain the necessary testosterone levels in spermatogenic cells. Leydig cells, which are extratubular somatic cells, are under the control of the gonadotropin LH and produce the testosterone hormone required for spermatogenesis in these cells. Testosterone levels in the testes have been reported to be 100 times higher than in blood serum (9).

CONCLUSIONS

As a result, it is concluded that genital system morphology in male dogs, sperm formation, hormonal mechanism, urogenital system diseases, pathological conditions and artificial

insemination applications are of critical importance in veterinary medicine in diagnosis, analysis and treatment. It review study will shed light on scientific studies to be conducted on the male dog genital system.

REFERENCES

1. Bahadır, A., and Yıldız, H., *Veteriner Anatomi II,* (*İç Organlar*), Ezgi Yayıncılık, Bursa, 2005, pp 84-99.

2. Beardsley, A., Robertson, D. M., and O'Donnell, L. (2006). A complex containing α6β1-integrin and phosphorylated focal adhesion kinase between Sertoli cells and elongated spermatids during spermatid release from the seminiferous epithelium. *Journal of Endocrinology,* 190(3), 759-770.

3. Carreau, S., Delalande, C., Silandre, D., Bourguiba, S., & Lambard, S. (2006). Aromatase and estrogen receptors in male reproduction. *Molecular and cellular endocrinology*, 246(1-2), 65-68.

4. Dursun, N., *Veteriner Anatomi II.* Medisan Yayınevi. Ankara, 60-62, 1996.

5. Dursun, N., *Veteriner Topografik Anatomi*. Medisan yayınevi. Ankara, pp 120-128, 2007.

6. Foster, R.A. (2016). Male Genital System. Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 3. 2016:465–510.e1. doi: 10.1016/B978-0-7020-5319-1.00016-5. Epub 2016 Mar 18. PMCID: PMC7271154.

7. Nicholls, P. K., Harrison, C. A., Walton, K. L., McLachlan, R. I., O'Donnell, L., and Stanton, P. G. (2011). Hormonal regulation of sertoli cell micro-RNAs at spermiation. *Endocrinology*, 152(4), 1670-1683.

8. Spiraman, V., Niu, E., Matias, J. R., Donahoe, P. K., MacLaughlin, D. T., Hardy, M. P., and Lee, M. M. (2001). Müllerian inhibiting substance inhibits testosterone synthesis in adult rats. *Journal of andrology*, 22(5), 750-758.

9. Verhoeven, G., Willems, A., Denolet, E., Swinnen, J. V., and, De Gendt, K. (2010). Androgens and spermatogenesis: lessons from transgenic mouse models. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1546), 1537-1556.

10. Young, J., Chanson, P., Salenave, S., Noël, M., Brailly, S., O'Flaherty, M., ... & Rey, R. (2005). Testicular anti-mullerian hormone secretion is stimulated by recombinant human FSH in patients with congenital hypogonadotropic hypogonadism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,* 90(2), 724-728.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MAVİ GIDALARDA ÇEŞİTLİLİĞİN KÜRESEL VE BÖLGESEL BELİRLEYİCİLERİ

Dr. Veysel PARLAK
Atatürk Üniversite, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
Veysel.parlak@atauni.edu.tr - ORCID: 0000-0002-3459-7963
Doç. Dr. Arzu UÇAR
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
arzuucar@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0001-5675-9401
Prof.Dr. Gonca ALAK
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
galak@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0002-7539-1152.
Prof.Dr. Muhammed ATAMANALP
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Yakutiye, Erzurum.
mataman@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0002-2038-3921

ÖZET

Sucul ekosistemde yer alan Mavi gıdalar oldukça çeşitlidir. Ayrıca bu gıdalar üretim uygulamaları ve pazar imkânları ile desteklenir. Sucul gıda sistemlerinin sürdürülebilirliği, küresel gıda güvenliği ve yetiştiricilik sistemlerindeki yeniliklerin yayılmasını ve yeniliklerin benimsenmesini oldukça önemlidir. Ürün çeşitliliği hem avcılık hem de su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin küresel ve ülke düzeyindeki ilerlemelerine göre farklılık göstermektedir. Elde edilen veriler, balıkçılık üretiminin su ürünleri yetiştiriciliği üretiminden daha çeşitli olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra sosyal ve ekonomik faktörlerin, biyofiziksel faktörler kadar tür çeşitliliği etkilediği görülmektedir. Sektörel yönetim zayıfladığında çeşitlilik azalır ve bu beslenmeye duyarlı gıda üretimi için balıkçılığı yönetmede zorluklar yaratır. Ayrıca önemli bir gıda kaynağı olan su ürünlerinde, çeşitliliğin azalması, gıdaya ulaşmakta zorluk çeken daha düşük gelir gruplarını olumsuz bir şekilde etkileyecektir. Dolayısıyla su ürünleri yetiştiriciliğinin erişimi ile ilgili zorluklarında ele alınması, bu sektörün yaygınlaşmasında oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Balıkçılık, Su ürünleri yetiştiriciliği, Sağlıklı gıda,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Giriş

Hem avcılık yoluyla elde edilen hem de çiftliklerde yetiştirilen su ürünleri genel olarak mavi gıdalar olarak adlandırılır ve son zamanlarda besin güvenliği hedefleri ile gıda üretiminin çevresel sürdürülebilirliğini uzlaştırma potansiyelleri nedeniyle dikkat çekmiştir (Gephart vd. 2021). Mavi gıdalar oldukça çeşitli olup avcılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen ürünler, tür ve ekosisteminin bulunduğu yer bakımından önemli değişiklikler göstermektedir (Garlock vd. 2020). Doğal ortamdan yakalanan ve çiftliklerde yetiştirilen mavi gıdaların çeşitliliği ve bu modellerin gıda sektöründeki önemi oldukça fazla olmasına rağmen sosyoekolojik etkileri açısından belirsizliğini korumaktadır (Hicks vd. 2022). Avcılığı yapılan ve çiftlikte yetiştirilen su ürünleri arasındaki birçok faktör bakımından eşitsizlikler söz konusudur. Günümüzde su ürünleri yetiştiricilik miktarı avcılık yoluyla elde edilen miktarı geçmiş durumdadır. Yetiştiricilik yapılan çiftliklerin çoğunluğu düşük ve orta gelirli ülkelerde bulunmaktadır. Bu üreticilerin sürdürülebilir uygulamalara ayak uydurmaları için maalesef çok az ekonomik teşvikler bulunması sektörün gelişmesini de daha da zorlaştırmaktadır.

Su ürünleri sektörü uluslararası ticarette büyük bir ölçek oluşturmaktadır. Sağlıklı gıda içeriği bakımından, ulusal düzeyde su ürünleri yetiştiriciliğinin benimsenmesinde elde edilen ürünlerin tüketiminin güçlü bir ilişkisi bulunmaktadır (Stentiford ve Holt 2022). Su ürünleri üretimindeki tür çeşitliliğinin ülke düzeyinde belirlenmesi ve ortaya çıkan farklılıkların neden kaynaklı olduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Küresel açlığın giderilmesinde ve besin güvenliğinde mavi gıdaların potansiyeli oldukça yüksek bir paya sahip olup, avcılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen su ürünleri arasındaki tür-çeşitlilik oldukça farklıdır. Su ürünleri içerdiği besin elementleri açısından oldukça yoğun olup küresel mikro besin eksikliklerini ve yetersiz beslenmeyi giderme eşşiz bir kaynaktır (Golden ve ark. 2021). Su ürünleri özelikle protein, omega-3 yağ asitleri, kalsiyum, demir ve B12 vitamin içeriği ile muazzam bir gıda kaynağıdır. Dünya genelinde su ürünleri sektörünün, gıda sektörleri arasında kabul edilmesi ve tedarik zincirinin sağlanması su ürünleri tüketiminin de artmasını desteklemiştir (Belton ve diğerleri, 2020).

Su ürünleri, tüketilen kırmızı ve işlenmiş etlerden daha sağlıklıdır ve kırmızı et tüketiminin su ürünleriyle değiştirilmesi, yaygın olan obezite ve bulaşıcı olmayan hastalıkları azaltmaya yardımcı olabilir (Rimm ve ark. 2018). Genel halk sağlığı ve beslenme politikalarına önem

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

verilmesi, su ürünleri yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ve uygun fiyata erişim gibi faktörler, global anlamda sürdürülebilir beslenme diyetlerinde değişikliklerin olmasını kolaylaştırabilecek temel faktörlerdir.

Su ürünleri geleneksel olarak bakıldığında avcılık yoluyla tedarik edilen ürünlerden oluşurken bu durum balıkçılık yönetim sistemini sadece avcılık ile sınırlamaktır. Balık popülasyonları sürdürülebilir olması için bu tür yönetim yaklaşımların gıda ve beslenme güvenliği hedeflerini de dikkate alması gerekmektedir (Hilborn vd. 2020). Avcılık yapılan alanlarının özellikleri ve yönetim sistemleri dikkate alınmadığında, aşırı avlanma sonucunda anında gıda bulunabilirliğini sınırlanabilir (Love vd. 2023).

2. Su ürünleri üretiminde tür çeşitliliği

FAO verilerine göre ülkelerin su ürünleri avcılık ve yetiştiriciliği üretim miktarı ve tür çeşitlilikleri sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmayı yaparken ekoloji de Simpson endeksi kullanılarak, tür çeşitliliği, gruplarının sayısı ve her tür grubunun popülasyon tahmini hesaplanmıştır. Talo 1 de Dünya genelindeki su ürünleri yetiştiricilik miktarları verilmiştir.

Tablo 1. Dünya su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik üretimi (ton)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	46.824.891	47.559.779	48.246.867	49.620.605	51.221.122
Hindistan	6.208.000	7.242.600	7.927.700	8.635.986	9.403.000
Endonezya	5.570.686	5.451.806	5.649.642	5.226.594	5.515.227
Vietnam	3.820.960	4.143.500	4.486.127	4.667.552	4.736.120
Bangladeş	2.333.352	2.405.416	2.488.600	2.583.866	2.638.745
Norveç	1.308.485	1.354.941	1.452.926	1.490.076	1.664.866
Mısır	1.406.865	1.594.231	1.641.949	1.591.896	1.576.189
Şili	1.202.948	1.266.054	1.384.707	1.485.896	1.426.516
Tayland	894.974	921.313	963.267	1.012.650	989.898
Myanmar	1.048.692	1.130.350	1.082.141	1.145.018	929.217
Diğer	9.012.390	9.421.241	9.897.641	10.172.137	10.762.807
Dünya	79.632.242	82.491.232	85.221.567	87.632.276	90.863.706

Kaynak: FAO, 2023

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	15.787.555	15.373.195	14.647.820	13.995.443	13.226.203
Endonezya	6.543.195	6.736.980	7.216.257	7.480.205	6.925.352
Peru	3.796.978	4.157.414	7.169.817	4.814.962	5.626.542
Rusya	5.176.369	5.531.313	5.320.253	5.458.700	5.504.713
Hindistan	4.759.392	4.864.504	5.108.858	4.974.174	5.072.094
ABD	4.903.670	5.034.030	4.744.569	4.800.499	4.246.176
Vietnam	3.077.841	3.315.207	3.347.039	3.429.029	3.421.880
Japonya	3.200.094	3.205.754	3.130.925	3.163.760	3.151.730
Norveç	2.033.818	2.378.511	2.488.979	2.309.319	2.450.901
Şili	1.674.770	1.801.084	1.871.225	1.895.619	1.919.505
Diğer	43.593.876	45.252.003	38.534.956	38.216.630	40.368.245
Dünya	94.547.558	97.649.995	93.580.698	90.538.340	91.913.341

Kaynak: FAO, 2023

3. Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin tür çeşitliliği

Aşağıda verilen tablolarda Türkiye'de su ürünleri üretimin iç sular ve denizlerdeki yetiştiricilik miktarları verilmektedir.

Tablo 2. Türkiye su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik üretimi (ton)

Yıllar	Denizlerde Yetiştiricilik	İç sularda Yetiştiricilik	Toplam
2012	100.853	111.557	212.410
2013	110.375	123.019	233.394
2014	126.894	108.239	235.133
2015	138.879	101.455	240.334
2016	151.794	101.601	253.395
2017	172.492	104.010	276.502
2018	209.370	105.167	314.537
2019	256.930	116.426	373.356
2020	293.175	128.236	421.411
2021	335.644	136.042	471.686
2022	368.742	146.063	514.805

Kaynak: TÜIK, 2023

İllere göre bu veriler tablo 3 te verilmiştir.

Tablo.3.İllere göre bu veriler

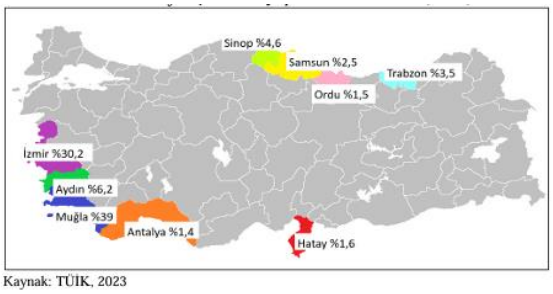
İller	2018	2019	2020	2021	2022
Muğla	115.088	128.706	141.459	144.295	170.206
İzmir	75.084	85.975	99.640	111.547	111.229
Elazığ	18.000	21.550	23.000	26.500	31.106
Mersin	2.788	17.843	19.418	26.299	28.214
Aydın	20.523	25.779	23.571	30.238	27.371
Sinop	3.229	5.353	6.638	6.638	18.405
Samsun	6.666	6.341	12.569	14.721	13.971
Trabzon	5.541	7.702	8.315	11.040	13.256
Şanlıurfa	4.000	5.025	7.004	7.658	7.161
Kayseri	4.143	3.258	3.974	3.984	7.135
Diğer	57.924	63.019	72.694	85.343	93.886
Türkiye	314.537	373.356	421.411	471.686	514.805

Kaynak: TÜIK, 2023

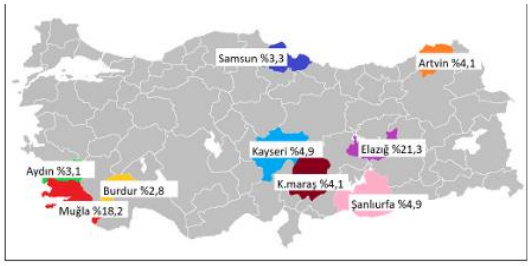
Denizde ve içsularda yetiştiricilik yapılan yerler tablo 4 te verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tablo. 4. Denizde ve içsularda yetiştiricilik yapılan yerler



Kaynak: TÜİK, 2023



Kaynak: TÜİK, 2023

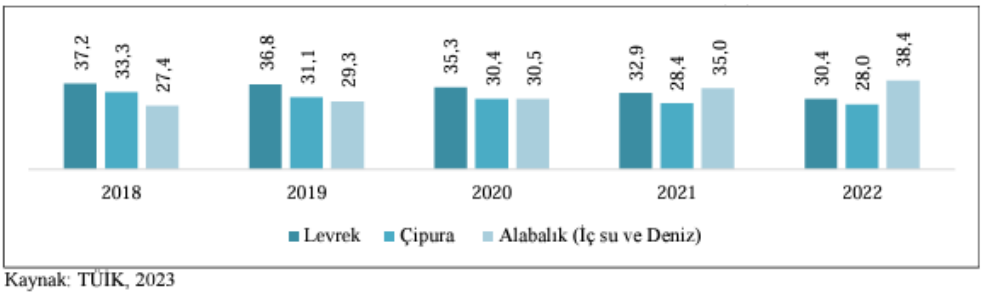
4. Tür çeşitliliği

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği üretimindeki yüksek orandan çeşitlilik vardır. Tablo 5'te tür üretim miktarları verilmiştir.

Tablo.5. Türlere göre üretim miktarları verilmiştir.

Türler	2018	2019	2020	2021	2022
Levrek	116.915	137.419	148.907	155.151	156.602
Alabalık (İç su)	76.680	99.730	109.749	133.476	152.469
Çipura	104.887	116.053	127.905	134.174	144.347
Alabalık (Deniz)	9.610	9.692	18.689	31.509	45.454
Grenyüz (Sarıağız)	907	4.168	4.037	4.585	5.469
Orkinos	3.571	2.327	4.338	4.952	3.879
Midye	1.486	3.375	7.428	5.913	4.771
Diğer	481	592	358	1.926	1.814
Toplam	314.537	373.356	421.411	471.686	514.805

Kaynak: TÜİK, 2023



Kaynak: TÜİK, 2023

5. Avcılık çeşitliliği

Türkiye deniz ürünleri avcılığı iç sulardan fazla yapılmakta olup bu faaliyette özellikle deniz balıklarının önemli bir yeri bulunmaktadır.

Tablo.6. Yıllara göre avcılık miktarları.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yıllar	Deniz	İç su	Toplam
2013	339.047	35.074	374.121
2014	266.078	36.134	302.212
2015	397.731	34.176	431.907
2016	301.464	33.856	335.320
2017	322.173	32.145	354.318
2018	283.955	30.139	314.094
2019	431.572	31.596	463.168
2020	331.281	33.119	364.400
2021	295.025	33.140	328.165
2022	301.747	33.256	335.003

Kaynak: TUİK, 2023

Ayrıca türlere göre de avcılık miktarı değişkenlik göstermektedir.

Tablo.7. Yıllara göre avlanan balık türleri

Balık türü	2018	2019	2020	2021	2022
Hamsi	158.094	96.452	262.544	151.598	125.980
Palamut	30.920	1.578	22.743	2.595	49.892
Sardalya	23.426	18.854	19.119	15.800	16.729
İstavrit	12.985	20.678	19.505	24.006	14.930
Çaça	33.950	20.057	38.078	28.041	11.162
Mezgit	8.248	6.814	8.941	10.380	7.690
Lüfer	1.935	5.767	1.213	5.804	5.495

Kaynak: TUİK, 2023 *Kraça ve Karagöz

6. Sonuç

Su ürünleri üretimi dünya genelinde incelendiğinde Asya, Amerika ve Avrupa'da bu faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı görülmektedir. Avcılık yoluyla yapılan üretim son yıllarda stabil olarak devam etmekte olup, bu miktar 90 milyon ton seviyelerindedir. Yetiştiricilik üretimine bakıldığında artan bir grafik ile karşılaşmaktayız. Özellikle gıda ürünleri üretimi içerisinde en hızlı büyüyen sektör su ürünleri durumuna gelmiştir. Bu sektörde hem avcılık hem yetiştiricilik alanlarında Çin birinci sırada yer almaktadır. Türkiye'deki su ürünleri üretimi incelediğimizde dünya üretimine benzer bir şekilde sürekli artış olduğu rapor edilmektedir. Özellikle devlet teşvikli su ürünleri yetiştiriciliğinin bu gelişimde payı büyüktür. Su ürünleri, besin içerikleri sayesinden sağlıklı beslenme öğeleri arasında önemli bir yer sahibi olmuştur. Özellikle obezite ile mücadelede hayvansal protein kaynağı olarak balık ve su ürünleri her bilinir kurumlar tarafından önerilir durumu gelmiştir. Ancak Türkiye'de kişi başı tüketim miktarı oldukça düşük olup, gelişmemiş ülkelerin dahi gerisinde kalmıştır. Bu noktada tüketimi artırmaya yönelik teşvik çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Kaynakça

Belton B, Little DC, Zhang W, Edwards P, Skladany M, Thilsted S. 2020. Farming fish in the sea will not nourish the world. Nat Commun. 11(1):5804. doi: 10.1038/s41467-020-19679-9.

FAO, (2023). FishStat Plus-Universal software for fishery statistical time series http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en.

Garlock T, Asche F, Anderson J, Bjørndal T, Kumar G, Lorenzen K, Ropicki A, Smith MD, Tveterås R. 2020. A global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. Rev Fish Sci Aquacult. 28(1):107–116. doi: 10.1080/23308249.2019.1678111.

Gephart JA, Henriksson PJG, Parker RWR, Shepon A, Gorospe KD, Bergman K, Eshel G, Golden CD, Halpern BS, Hornborg S, et al. 2021. Environmental performance of blue foods. Nature 597(7876):360–365. doi: 10.1038/s41586-021-03889-2.

Golden CD, Koehn JZ, Shepon A, Passarelli S, Free CM, Viana DF, Matthey H, Eurich JG, Gephart JA, Fluet-Chouinard E, et al. 2021. Aquatic foods to nourish nations. Nature 598(7880):315–320. doi: 10.1038/s41586-021-03917-1.

Hicks CC, Gephart JA, Koehn JZ, Nakayama S, Payne HJ, Allison EH, Belhbib D, Cao L, Cohen PJ, Fanzo J, et al. 2022. Rights and representation support justice across aquatic food systems. Nat Food. 3(10):851–861. doi: 10.1038/s43016-022-00618-4.

Hilborn R, Amoroso RO, Anderson CM, Baum JK, Branch TA, Costello C, de Moor CL, Faraj A, Hively D, Jensen OP, et al. 2020. Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. Proc Natl Acad Sci U S A. 117(4):2218–2224. doi: 10.1073/pnas.1909726116.

Love D, Asche F, Gephart JA, Zhu J, Garlock T, Stoll JS, … Bloem MW. 2023. Identifying opportunities for aligning production and consumption in United States fisheries by considering seasonality. Rev Fisheries and Aquaculture. 31:259-273. doi: 10.1080/23308249.2022.2121601.

Rimm EB, Appel LJ, Chiuve SE, Djoussé L, Engler MB, Kris-Etherton PM, Mozaffarian D, Siscovick DS, Lichtenstein AH, American Heart Association Nutrition Committee of the Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; Council on Epidemiology and Prevention; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; and Council on Clinical Cardiology. 2018. Seafood long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: a science advisory from the American heart association. Circulation 138(1):e35–e47. doi: 10.1161/CIR.0000000000000574.

Stentiford GD, Holt CC. 2022. Global adoption of aquaculture to supply seafood. Environ Res Lett. 17(4):041003. doi: 10.1088/1748-9326/ac5c9f.

TÜİK, (2023). Su Ürünleri İstatistikleri https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AKUAPONİK SİSTEMİNLERİN SWOT ANALİZİ, GELİŞTİRİLMESİ VE STANDARDİZASYONU

Dr. Veysel PARLAK
Atatürk Üniversite, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
Veysel.parlak@atauni.edu.tr - ORCID: 0000-0002-3459-7963
Doç. Dr. Arzu UÇAR
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
arzuucar@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0001-5675-9401
Prof.Dr. Gonca ALAK
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü. Yakutiye, Erzurum.
galak@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0002-7539-1152.
Prof.Dr. Muhammed ATAMANALP
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Yakutiye, Erzurum.
mataman@atauni.edu.tr - ORCID NO: 0000-0002-2038-3921

ÖZET

Balık yetiştiriciliğinin bitki üretimiyle entegre edilmesi olan akuaponik sistemler, gıda üretiminin çevresel etkilerini azaltma ve yerel olarak üretilen sağlıklı gıda sağlama yöntemi olarak yoğun ilgi görmektedir. Son araştırmalar, bu sistemi uygulayan kişilerin genellikle hobi, yetiştirici-üretici veya eğitimci olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak birçok sistem, deneme-yanılma yöntemleriyle tasarlanan ve yerel olarak mevcut türlerle uygulanan küçük ölçekli deneysel tesislerden evrilmiş durumdadır. Akuaponiğin ticari ölçekli sistemlere yayılması, standartlaştırılması, deneysel tasarım ve performans ölçümlerinin eksikliği nedeniyle sınırlıdır. Bu çalışmada, akuaponik sistemlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak ve önemli performans parametrelerini incelemek hedeflenmektedir. Bu standardizasyon, akuaponik sistemlerinin tasarımına yardımcı olacak, veri toplama ve analizini kolaylaştıracak, araştırmacılar arasında tutarlılığı teşvik edecek ve ticari sistemlerin ekonomik değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Akuakültür, Akuaponik, Yetiştiricilik Sistemleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Giriş

Akvaponik, besin açısından yoğun balık kültürü suyunun işlenip ürün gübrelemesi için kullanıldığı hidroponik sistemlerle, sirkülasyonlu akvakültür sistemlerinin (RAS) birleşimidir. Entegrasyonun amaçlanan sonucu, ticari gübreye minimum bağımlılıkla yoğun su sirkülasyon oranlarına sahip birleşik bir protein ve sebze üretim sistemidir (Yep ve Zheng 2019). Bu amaçlanan sonuçlar, özellikle kurak ve kentsel bölgelerdeki gıda güvensizliğini hafifletmek için son yıllarda hobi, topluluk ve ticari ölçeklerde akvaponiğin benimsenmesini artırmıştır (Hao vd. 2020; Pattillo vd. 2022). Genişleyen akvaponi topluluğundan sürekli olarak ihtiyaçlar ve sorular ortaya çıktıkça, akvaponi üretimi ve işletimi üzerine akademik ve hakemli araştırmalar da artmıştır (Yep ve Zheng 2019; Hao vd. 2020). Büyüyen endüstriyi iyileştirmek için akvaponik araştırmalarına olan devam eden ihtiyaç açıktır. Deneysel tasarım ve raporlama kriterlerinde mevcut standardizasyonun olmaması, tüketiciler ve araştırmacılar için çalışmalar arasında sonuçları karşılaştırma ve farklı çalışma koşullarının ürün (hem bitkiler hem de balıklar) performansı üzerindeki belirgin etkilerini anlama konusunda zorluklar oluşturmaktadır. Ek olarak, deneylerin geçerliliği ve tekrarlanabilirliği yetersiz deneysel süreler, su kalitesi sorunları ve zayıf yem dönüşüm oranları (FCR'ler) ile ilişkili olabilir. Bu çalışma, akvaponik araştırmalarında fiziksel, operasyonel ve performans ölçümlerinin standardizasyonunu savunmaktadır. Standardizasyon, veri toplama ve analizini kolaylaştıracak, araştırmacılar arasında tutarlılığı teşvik edecek ve akademiden endüstriye daha sorunsuz bir geçişi kolaylaştıracaktır. Bu çalışmada önerilen ölçümler, RAS ve hidroponik endüstrilerinde kullanılan mevcut standartlardan türetilmiştir.

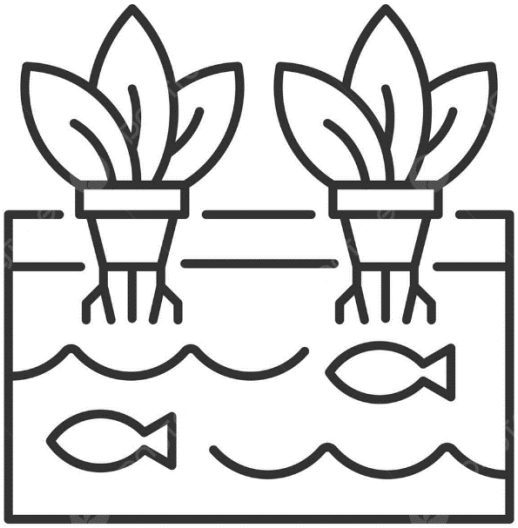
2. Akuponik sistemler

2014, 2015 ve 2022'de yayınlanan akvaponik yetiştirici anketleri, topluluk içindeki ortak uygulamaları ve ihtiyaçları belirledi (Love vd. 2015; Pattillo vd. 2022). Anketlere katılan yetiştiriciler, kendilerini hobiciler, üreticiler veya eğitimciler olarak kategorize ediyor ve küçük ölçekli beslenme, ticari gıda satışları ve danışmanlık hizmetleri veya akademik eğitim ve araştırmadaki özel hedefleriyle uyumlu hale getiriyor. Bu hedefler, karlılık için yoğun üretime, daha yüksek sermaye maliyetlerine rağmen ileri teknolojiye ve filtrasyon sistemlerine yatırım yapmaya hazır olmaya ve tutarlı sebze ve balık üretimine tercihte bulunmaya önem veriyor (Love vd. 2015; Pattillo vd. 2022). Araştırma sistem tasarımı, veri toplama ve performans

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ölçümleri, ticari üretime kıyasla beslenme odaklı sistemlerdeki deneyler için farklılık gösterecektir. Belirli sistem hedefleriyle uyumlu çalışmalardan elde edilen bulgular, benzer işletme prosedürleri olmayan sistemler için sınırlı uygulanabilirliğe ve alakalılığa sahip olabilir. Çeşitli hedeflere ve üretim ölçeklerine göre uyarlanmış fiziksel, operasyonel ve performans ölçümlerinin geliştirilmesi ve standartlaştırılması, en iyi işletme uygulamalarının araştırma ve akademiden, geçimlik tarım veya ticari üretim yapan bireylere sorunsuz bir şekilde aktarılmasını kolaylaştıracaktır.

Şekil.1. Akuaponik sistem şeması



Türlerin adaptasyonu, RAS'ın akvaponikle aynı bileşenlerin çoğunu içermesi ve karmaşık bir sistemi daha küçük işlevsel birimlere ayırmak için bir birim süreç tasarım yaklaşımı kullanması nedeniyle bir su ürünleri yetiştiriciliği temelinden mümkündür (Malone 2013). Bu yaklaşım, her bir birimin (örneğin balık tankları, katıların giderilmesi, biyolojik filtreler, ozonlama vb.) bağımsız kontrolünü ve optimizasyonunu sağlayarak diğer sistem bileşenleri üzerinde önemli bir etki yaratmadan bireysel performansı garanti eder. Deneyler arasındaki veri tutarlılığını değerlendirmek ve araştırma bulgularını pratik uygulamalara dönüştürmek için RAS ve hidroponik sistemlerden elde edilen kanıtlanmış kriterlere dayalı fiziksel, operasyonel ve performans ölçümlerinin oluşturulması, akvaponik endüstrisindeki ticari ve yarı ticari sektörlerin ilerlemesine ve gelişmesine katkıda bulunacaktır.

3. Sistem özellikleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu bölüm, bir akvaponik sistemin birçok ortak fiziksel bileşenini açıklar. Sistem düzenini tanımlamak ve temel hidrolik işlemleri hesaplamak ve belgelemek için yaklaşımları gösterir.

Önemli temel sistem değişkenleri arasında tank hacimleri, tank alanları, su ve hava akışları, bitki ve balık sayıları ve ağırlıkları, sistem girdileri ve su kalitesi konsantrasyonları bulunur. Bu sistem parametreleri, sistem işlemlerini ve performans parametrelerini geliştirmek için çeşitli şekillerde birleştirilir. Bu parametrelerin tutarlı bir şekilde doğru bir şekilde tahmin edilmesi önemlidir, böylece bir sonraki bölümde sunulan performans ölçümleri çalışmalar arasında karşılaştırılabilir.

3.1. Sistemin avantaj ve dezavantajları

Akuaponik sistemin avantajları şunlardır:

1. **Su Tasarrufu**: Geleneksel tarıma göre su kullanımını önemli ölçüde azaltır.
2. **Organik Üretim**: Kimyasal gübre ve pestisit kullanımı minimum düzeydedir, bu da daha sağlıklı ürünler sağlar.
3. **Verimlilik**: Hem bitki hem de balık üretimi yapılabildiği için alan kullanımı daha verimlidir.
4. **Döngüsel Sistem**: Balık atıkları bitkiler için besin kaynağı olur, bu da doğal bir döngü oluşturur.
5. **Düşük İş Gücü İhtiyacı**: Otomasyon ve entegre sistemler sayesinde iş gücü ihtiyacı azalır.
6. **Çevre Dostu**: Sürdürülebilir bir tarım yöntemi olarak çevreye daha az zarar verir.

Bu avantajlar, akuaponik sistemlerin tarımsal üretimde popüler hale gelmesine katkıda bulunmaktadır.

Akuaponik sistemin dezavantajları şunlardır:

1. **Kurulum Maliyeti**: Başlangıçta yüksek maliyetler gerektirebilir; sistemin kurulumu ve ekipmanları pahalı olabilir.
2. **Teknik Bilgi Gereksinimi**: Başarılı bir şekilde işletmek için belirli bir teknik bilgi ve deneyim gereklidir.
3. **Hava Koşullarına Duyarlılık**: Dış hava koşulları sistemi etkileyebilir; sıcaklık ve nem kontrolü zor olabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. **Hastalık ve Zararlılar**: Balık ve bitki hastalıkları, tüm sistemi etkileyebilir ve müdahale gerektirebilir.
5. **Dengeleme Zorluğu**: Balık ve bitkiler arasındaki dengeyi sağlamak zor olabilir; yeni başlayanlar için karmaşık hale gelebilir.
6. **Sınırlı Ürün Seçimi**: Bazı bitki türleri, akuaponik sistemlerde yeterince verimli olmayabilir.

Bu dezavantajlar, akuaponik sistemlerin uygulanabilirliğini etkileyebilir ve dikkatli bir planlama gerektirebilir.

Sonuç.

Akuaponik sistem kurmak isteyenler için bazı öneriler şunlardır:

1. Araştırma Yapın: Sisteminizi kurmadan önce akuaponik tarım hakkında detaylı bilgi edinin. Farklı türler ve yöntemler hakkında bilgi sahibi olun.
2. Doğru Ekipmanı Seçin: Kaliteli pompa, filtre, tank ve bitki yatakları gibi ekipmanların seçiminde dikkatli olun. Uzun ömürlü ve verimli ekipmanlar tercih edin.
3. Dengeyi Sağlayın: Balık ve bitkileri bir arada yetiştirirken dengeleri iyi kurun. Balık türü ve bitki türleri arasında uyum göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Su Kalitesini Kontrol Edin: Su sıcaklığı, pH seviyesi, amonyak ve nitrat seviyelerini düzenli olarak kontrol edin. Su kalitesi, sistemin sağlığı için kritik öneme sahiptir.
5. Başlangıçta Küçük Başlayın: İlk deneyimlerinizi küçük bir sistemle başlatın. Küçük ölçekli bir deneme, sorunları daha kolay anlamanızı sağlar.
6. Bitki ve Balık Çeşitliliğini Artırın: İlk başta birkaç tür bitki ve balık ile başlayın. Zamanla daha fazla çeşit eklemek, sistemin verimliliğini artırabilir.
7. Eğitim ve Destek Alın: Akuaponik projeleri ve topluluklar hakkında eğitim alın. Deneyimli kişilerden yardım almak, sisteminizi daha başarılı hale getirebilir.
8. Dikkatli İlerleyin: Sistemi sürekli izleyin ve gerekli ayarlamaları yapın. Herhangi bir sorun çıkarsa, hızlıca müdahale edin.

Bu öneriler, akuoaponik sisteminizi daha etkili ve verimli bir şekilde yönetmenize yardımcı olacaktır.

Kaynakça

Hao Y, Ding K, Xu Y, Tang Y, Liu D, Li G. 2020. States, trends, and future of aquaponics research. Sustainability 12 (18):7783. doi: 10.3390/su12187783.

Love DC, Fry JP, Genello L, Hill ES, Frederick JA, Li X, Semmens K. 2014. An international survey of aquaponic practitioners. PLoS One. 9(7):e102662. doi: 10.1371/journal.pone.0102662.

Pattillo DA, Hager JV, Cline DJ, Roy LA, Hanson TR. 2022. System design and production practices of aquaponic stakeholders. PLoS One. 17(4):e0266475. doi: 10.1371/journal.pone.0266475.

Yep B, Zheng Y. 2019. Aquaponics trends and challenges – a review. J Cleaner Products. 228:1586–1599. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.290.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE EFFECTS OF SUSHI CONSUMPTION ON HUMAN HEALTH

İrem KILINÇ[1], Berna KILINÇ[2]

[1]Faculty of Fisheries, Kâtip Çelebi University, 35620 Çiğli-Izmir, Türkiye.

[2]Faculty of Fisheries, Fish Processing Technology Department, Ege University, 35100 Bornova-Izmir, Türkiye.

ABSTRACT

A popular treat all around the world, sushi delivers a distinctive combination of flavors and textures. Its usage is not risk-free, though. Due to the raw nature of many sushi components and incorrect handling and storage, bacteria such as *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* can cause foodborne diseases. Furthermore, parasitic illnesses like anisakiasis are a serious health risk. Seafood can acquire chemical contaminants, especially mercury, which can be harmful to human health, especially for regular consumers. Strict food safety procedures are necessary at every stage of the sushi production and distribution chain to reduce these dangers. Strategies for increasing sushi's safety and shelf life. Although sushi is still a popular option, customers should be cautious and aware of the possible risks. Sushi can be consumed responsibly and securely by people who choose trustworthy restaurants and make educated decisions. To ensure a sustainable future for this cherished culinary tradition, more research is required to create practical solutions to the problems relating to sushi safety and quality.This covers good sanitation, sanitary handling, and appropriate temperature regulation.Innovative technologies, such as non-thermal plasma and edible coatings, offer promising

Keywords: Sushi, seafood safety, potential risks, contaminants, distribution chain

Introduction

The main ingredients of sushi, a classic Japanese cuisine, are rice and raw fish. According to Atanassova et al. (2008), fish is regarded as a nutritious food. To put it another way, it is a ready-to-eat (RTE) cuisine made from raw or cooked fish and popular in Japan and globally (Ramires et al., 2021). Sushi consumption has grown significantly in the last quarter of the 20th century and the first quarter of the 21st (Feng, 2012). Sushi restaurants are becoming more and more common all over the world, and this trend is predicted to continue (Lehel et al., 2020). Retail fresh sushi and other Japanese culinary treats have been becoming more and more well-liked in Europe (Hoel et al., 2015). In recent years, the number of restaurants in Turkey that serve Japanese cuisine has increased. This is particularly true in large shopping malls, where retail stores and certain supermarket stores sell ready-to-eat meals like onigiri and a variety of sushi. In Turkey, a specific segment of the population still preferentially buys and consumes it.

Koshihikari rice and sushi seasoning (sugar, salt, and vinegar) provide sushi its unique texture and flavor, which has made it a popular international cuisine (Molina et al., 2022). However, like other animal products, eating raw fish muscle can have negative health effects,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

including ingesting parasites or harmful microorganisms (Atanassova et al., 2008). Therefore, the safety of meals that are ready to eat is a crucial concern. Furthermore, outbreaks of foodborne illness can result from the incorrect handling, storage, and transportation of consumable goods (Liang et al., 2016). Furthermore, the health impacts of excessive exposure, rising global seafood consumption, and ongoing mercury (Hg) inputs into the environment make chemical contaminants like Hg exposure from seafood a persistent public health concern (Karimi et al., 2017).

Cases of anisakiasis (*Anisakis* sp.) and codworm izakiasis (identifies the codworm infection, *Pseudoterranova* [= *Phocanema decipiens*]) have suddenly increased in certain other nations, including the United States and Japan, since 1972. These nematodes' larval stages are found in the muscles of different fish and squid, and the primary way that humans become infected is by eating raw or undercooked fish or squid. Accordingly, it has been proposed that the widespread consumption of sashimi (sliced raw fish fillets) in Japan and the rise in popularity of sushi places that serve it frequently aid in the development of anisakid illnesses (Oshima, 1987). A foodborne zoonotic illness called anisakiasis is linked to eating raw or undercooked seafood, such as sushi. Recent years have seen a rise in the disease's reported incidence (Golden et al., 2022).

The quality effects on shelf-life and risk of sushi consumption

Fish can be reservoirs of antibiotic resistance genes that are easily passed on to humans through the consumption of raw fish, posing a public health concern. The unchecked and excessive use of antibiotics in aquatic environments also encourages the development and spread of antimicrobial resistance (Silva et al., 2019). Sushi is regarded as a nutritious cuisine, however rice, a staple grain around the world, needs to be kept in good condition in cold storage to ensure food safety and satisfy consumer preferences. Information regarding rapidly creating sushi rice that is ready to eat but has a limited shelf life is included in the problem, which focuses on issues with rice quality. Quality, sensory qualities, and customer approval are all impacted by the substantial changes that occur during cooked rice storage, particularly starch retrogradation (Tadele et al., 2024a). The characteristics of sushi's flavors and cooked rice have not been well documented. The purpose of the study was to determine how the technological quality and in vitro digestibility of cooked rice were affected by sushi seasoning created with various vinegars derived from vegetables and cereals. Furthermore, the vinegars used to prepare sushi seasoning and their impact on the texture and hydrolysis of cooked rice were the defining characteristics of the experiments concerning raw and cooked Koshihikari rice (Molina et al., 2022).

Global demand for raw, ready-to-eat (RTE) seafood, such sushi, has been rising; yet, these products may include foodborne infections (Marquis et al., 2023). For instance, raw salmon is frequently used in sushi and sashimi, suggesting that fresh salmon may provide a risk of RTE intake since it occasionally contains L. monocytogenes (Skjerdal et al., 2014). In fact, the foodborne pathogen L. monocytogenes is most frequently linked to RTE and fish products. Therefore, one study's goal was to find out how L. monocytogenes affected commercial salmon sushi in Pelotas, Brazil. Seven private sushi restaurants with a total of 28 sushi pools hosted four sample events. Six samples (21.4%) from two organizations (28.6%) have Listeria monocytogenes (Ramires et al., 2021). *Aeromonas hydrophila* is also an emerging foodborne pathogenic bacteria that can cause human gastroenteritis, and the main reservoir is the aquatic

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

environment. In one study, ready-to-eat (RTE) sushi distributed in various conditions (chilled, dried or frozen) or seasons. For this purpose, the prevalence and virulence of *A. hydrophila* were investigated in another study. Seasonal studies of sashimi and sushi were shown that they had putative virulence genes in the summer prevalence of *A. hydrophila* was significantly lower in sashimi but highest in sushi. These results also showed that sushi could be contaminated from various sources during the production or distribution processes (Park et al., 2021). For instance, the observed discrepancy between products bought from stores and those that were directly gathered from factories demonstrated that inadequate temperature control throughout distribution and store display contributes to microbiological quality. Potentially harmful bacteria, such as mesophilic Aeromonas spp. or bacteria from the Enterobacteriaceae, were found in the sushi ingredients during microbiological examination. Raw fish and vegetables can also introduce bacteria into sushi. The findings demonstrated how crucial it is to use premium ingredients and maintain appropriate temperature management in order to guarantee the consistent quality and safety of these food products (Hoel et al., 2015). In this regard, a different study set out to assess the microbiological quality of different kinds of sushi (maki, nigiri, pickled ginger, and wasabi paste) that were bought from restaurants, sushi kiosks, and retail establishments in the Czech Republic. For retail, restaurant, and sushi buffets, the percentage of samples that were above the suggested limits for TVC (> 7 log CFU/g) was 0%, 6.7%, and 8.9%, respectively. The studied samples may be regarded as microbiologically acceptable because, with the exception of wasabi paste, the average TVC values in all other sushi varieties did not surpass 6 log CFU/g, and no single value above 7 log CFU/g. Neither Listeria monocytogenes nor Salmonella species were detected. However, Bacillus cereus was found to be present in 23 samples (17%) (Hulankova and Furmancikova, 2022). Nigiri, or raw salmon finger sushi, was chosen as a ready-to-eat food target for microbial surveillance in a different study. *Salmonella* spp. were not detected in any of the samples that were collected, and 1.7% of the samples were deemed to be unsatisfactory for having more than 100 CFU/g of E. coli, indicating that Hong Kong sushi takeout was generally of good hygienic quality (Liang et al., 2016). Additionally, it may expose one to chemical contaminants, including potentially harmful trace metals. The health risks of eating sushi were evaluated for three demographic groups—adults, children, and adolescents—in a study done specifically for this purpose. With an average of eight sushi pieces consumed by adults and adolescents and three by children, teenagers' estimated exposure to mercury was more than the EFSA-established daily tolerable intake, but children's and adults' consumption of mercury was below but near this threshold. Additionally, a comparatively high daily exposure to Ni and Pb was discovered, particularly for teenagers (Gonzalez et al., 2021). In restaurants that specialize in Japanese cuisine (Campinas, Sao Paulo, Brazil), the presence of organic mercury (methyl mercury) in the tuna, salmon, and kane sushi was also examined. The highest concentrations of methyl mercury were seen in sushi that included tuna. Furthermore, the organic mercury concentration in tuna sushi accounts for nearly 90% of the overall mercury content. Additionally, the weekly intake of 140 g of tuna sushi was more than 100% of the children's Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) for methyl mercury (Paiva et al., 2016). Seaweeds are said to be abundant in healthy compounds, but they have also been shown to contain harmful metals like cadmium (Cd), which has sparked continuous debates on their potential health impacts. Therefore, this study assessed the risk of consuming nori and algae, as well as the possible advantages of these seaweeds in lowering the amount of Cd exposure from rice. Although the results of this study indicated that eating

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

seaweed might be safe, nori should be used with caution. Additionally, consuming specific amounts of algae daily may help lower the amount of Cd exposure from rice (Duan et al. 2024).

Nematode larvae from the *Anisakidae* family produce anisakiasis, a gastrointestinal infection that affects humans. *Pseudoterranova decipiens* and *Anisakis* spp., which have been found in raw squid and raw fish, are the source of this illness. Given the ongoing and growing global habit of eating raw seafood, this illness should always be regarded as a differential diagnosis in patients with acute gastrointestinal symptoms (Kondo, 2018). The anisakis parasite can potentially infect humans after they eat sushi. For instance, a Japanese boy, 15, was sent to the hospital after a worm was discovered in his sputum. Three days prior, he had consumed sushi from a conveyor belt that included whelk, yellowtail, and tuna. He found the worm crawling and complained of nighttime throat pain (Hara et al., 2019). Additionally, a 32-year-old male who had consumed Japanese sushi—bite-sized pieces of cold-cooked rice packed with fish, eggs, or vegetables and wrapped in seaweed—was taken to the hospital with a 1-day history of acute onset epigastric pain. According to the author, the patient's vital signs were normal and there was no medical history. A pale linear worm that had pierced the mucosa in the stomach corpus was then discovered during an emergency endoscopy. In this study, a typical endoscopic result led to the diagnosis of gastric anisakiasis (Kajihara, 2018). In the other investigation, it was discovered that a 39-year-old lady had been hospitalized for many hours after experiencing persistent upper abdominal pain. She consumed sushi that included raw fish from the night before, such as mackerel, salmon, and tuna. Upon physical examination, there was no rebound pain and just epigastric and periumbilical discomfort. There have been reports of Anisakis larvae penetrating the gastric mucosa at the upper stomach's larger curvature (Fukita et al., 2014). Eight hours after consuming sushi, a 40-year-old man was admitted with severe upper stomach pain in another research. A 15 mm long nematode larva of Anisakis simplex was discovered during emergency gastroscopy; it had also entered the stomach's inflammatory body (Kondo, 2018). For several species of raw fish, the prevalence of Anisakis spp. was found to be low, and more research was necessary to fully assess the illness risk in the population under study. To reduce the danger of anisakiosis in the human population, better consumer education and risk communication initiatives should also be put into place (Golden et al., 2022). Additionally, eating sushi can cause allergic reactions in some people. For instance, following two responses to sushi, a 28-year-old man was assessed for food allergies. Four years before to the examination, he had his first episode (his first exposure to sushi); he had eaten crab, salmon, rice, seaweed, eel sauce, ginger, wasabi, and soy sauce. About twenty minutes later, she developed nasal congestion, facial and hand inflammation, and tingling and itching in her hands, face, and ears (Afshan and Mathur, 2023).

The shelf-life extention and precautions against the risk of pathogenic bacteria of sushi

Crucially, the quality and safety of these raw, RTE fish dishes may suffer as a result of microbial contamination of sushi along the supply chain. To lessen the chance of additional microbial growth, careful monitoring of variables like shelf life and storage temperature is crucial. To more precisely ascertain the microbiological makeup of these goods, it is advised that more studies on this subject be carried out with bigger sample numbers and a greater variety of assays, such as proteomics and/or genomes (Marquis et al., 2023). For instance, the presence of *L. monocytogenes* was deemed concerning, suggesting that eating sushi may put people at risk for

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

listeriosis. Additionally, it was noted that the pathogenic bacteria might be detected for at least a month, underscoring the necessity of better cleaning and sanitation practices in businesses that sell RTE sushi (Ramires et al., 2021). Comparing *L. monoctogenes* in imitation nigiri sushi made with salmon and halibut was the goal of one investigation. In order to achieve this, raw salmon and halibut samples were infected with this pathogenic bacterium, placed on vinegar-marinated sushi rice, and then kept for seven days at 4 and 8 ° C. In comparison to controls, the scientists found that the amount of *L. monocytogenes* in vaccinated seafood was much lower after seven days of storage at 4 and 8 °C. The authors clarified that the explanation for the decline in L. monocytogenes viability in nigiri sushi was the pH drop in fish muscle (Lorentzen et al., 2012). The low E. coli results in one study suggested a larger issue with cross-contamination, specifically the use of a contaminated cutting board and knife for salmon processing. Therefore, prospective methods for improvement were reported to be considered, especially in the cleaning and sanitation of surfaces in touch with food, hand washing and compliance with protocols. Future intervention measures were also be reported to take as adjustments to these identified areas to avoid cross-contamination problems and assure the safety of Salmon Nigiri Sushi delivered to consumers (Fathurrahman et al., 2021). on order to reduce the danger of foodborne illness outbreaks, it was suggested that the government undertake more frequent routine inspections and provide sushi business employees on food hygiene, based on the results of another study (Liang et al., 2016). In another research, the authors were described the design and development of a radio frequency identification (RFID) based sushi management (RFSM) system in a conveyor belt sushi restaurant to improve operational efficiency. This system was designed to help a conveyor belt sushi restaurant provide better inventory control, fast replenishment and food safety control, as well as improve the quality of service (Ngai et al., 2008). Distribution time and temperature can also effects the quality of sushi because of growing pathogenic bacteria. In another report, the authors recommended the use of temperatures ≤15 ° C for 6 hours (the maximum distribution time allowed) for sushi distribution, given the growth of *Salmonella* spp. (Silva et al., 2022). In addition to this, mesophilic *Aeromonas spp*. can also be pose a microbiological hazard in retail sushi products during cold storage. A low storage temperature (≤4 ° C) in combination with rice acidification were prerequisited for preventing the growth of potentially pathogenic *Aeromonas* species during their relatively short shelf-life (Hoel et al., 2018). One study examined the effect of non-thermal plasma (NTP) on the total viable bacteria count (TVBC) of two common sushi products: nigiri and hosomaki. The sushi samples were processed with NTP using a dielectric barrier discharge system with potential differences of 70 and 80 kV for 5 minutes. The samples were stored at 4 ° C for 11 days and analyzed. Although the effect of NTP on TVBC was not statistically significant, a trend in log reduction was observed with a decrease of 1-1.5 log cfu / g. (Kulawik et al., 2018). Another study examined how adding pre-made furcellaran-gelatin edible coatings containing 20% green (GT) and pu-erh (RT) tea extracts affected the characteristics of salmon nigiri that were kept in cold storage. Although in vitro tests on dry films containing GT and RT extracts showed encouraging results, their use on salmon nigiri did not prove advantageous in terms of extending shelf life (Kulawik et al., 2019). In addition to microbiological risks, a number of other variables have impacted sushi quality. To give an example to illustrate this. Nowadays, there is discussion on new developments and tactics to prevent the physical, chemical, and biological deterioration of sushi rice quality. One study highlighted the potential of additives and the importance of specific pH, water content, and temperature to prevent regression in rice. Emphasizing the need for further research and

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

development were aimed to improve cold storage methods, especially for rice and sushi rice to be ensured the availability of premium rice products that were compromised on quality (Tadele et al., 2024a). It has been engaged in studies on the techniques applied to increase the quality and shelf-life of rice during storage. The impact of multilayer nano/mini furcellaran/chitosan emulsions containing oregano essential oil and LL37 and RW4 bioactive peptides on the texture, pH, color, sensory perception, and retrogradation of salmon sushi was examined in one study using this method. Salmon nigiri and hosomaki sushi were electrosprayed with a three-layer nano/miniemulsion system and then stored at 4 °C for 14 days and at -20 °C for 6 months. Consequently, these results implied that coatings might be useful anti-retrogradation agents for cooked rice. These coatings were found to have nutritional qualities similar to those of starch-based foods, in addition to being a viable natural substitute for enhancing quality (Tadele et al., 2024b).

Conclusion

The popularity of sushi, a delicious food from around the world, has grown significantly. Consuming it, however, is linked to a number of health hazards, such as chemical pollution, parasite infections, and foodborne illnesses. A multifaceted strategy that includes strict food safety procedures, cutting-edge technologies, and consumer education is needed to ensure the safety and quality of sushi. Future studies ought to concentrate on a number of important topics, including: (a) Advanced Microbial Risk Assessment: Developing sophisticated techniques to identify and quantify emerging pathogens in sushi; (b) Chemical Contaminant Monitoring: Implementing robust monitoring programs to track and minimize exposure to harmful substances; (c) Allergen Management: Enhancing allergen labeling and management practices to protect consumers with food allergies; (d) Novel Food Preservation Technologies: Exploring innovative methods to extend the shelf-life and improve the safety of sushi; (e) Consumer Education and Awareness: Promoting consumer education campaigns to raise awareness of the risks and benefits of sushi consumption. By addressing these challenges, people can ensure that sushi remains a safe and enjoyable culinary experience for generations to come.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REFERENCES

Afshan, T., Mathur, S. (2023). 'Plenty of Allergens in the Sushi'- Food Allergy to Seaweed. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 131(5), S169. https://doi.org/10.1016/j.anai.2023.08.518.

Atanassova, V., Reich, F., Klein, G. (2008). Microbiological Quality of Sushi from Sushi Bars and Retailers. Journal of Food Protection, 71(4), 860-864. https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.4.860

Duan, X., Zhou, L., Chen, S.Z., Lin, X.Y., Xue, R.Y., Xue, X.M., Zhou, D., Li, H.B. (2024). Cadmium bioavailability in market nori and kelp: A comparison with rice and mechanisms underlying reduction in rice cadmium bioavailability with nori and kelp consumption. Science of The Total Environment, 956, 177329. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177329

Fathurrahman, R.N., Rukayadi, Y., Fatimah, U.Z.A.U., Jinap, S., Abdul-Mutalib, N.A., Sanny, M. (2021). The performance of food safety management system in relation to the microbiological safety of salmon nigiri sushi: A multiple case study in a Japanese chain restaurant. Food Control, 127, 108111. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108111

Feng, C.H.I. (2012). The Tale of Sushi: History and Regulations. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11(2), 205-220. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00180.x

Fukita, Y., Asaki, T., Katakura, Y. (2014). Some Like It Raw: An Unwanted Result of a Sushi Meal. Electronic Clinical Challenges and Images in GI, Gastroenterology, 146, e8-e9. http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2013.12.040

Golden, O., Caldeira, A.J.R., Santos M.J. (2022). Raw fish consumption in Portugal: A survey on trends in consumption and consumer characteristics. Food Control, 135, 108810. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108810

Gonzalez, N., Correig, E., Marmelo, I., Marques, A., Cour, R.I., Sloth, J.J., Nadal, M., Marques, M., Domingo, J.L. (2021). Dietary exposure to potentially toxic elements through sushi consumption in Catalonia, Spain. Food and Chemical Toxicology, 153, 112285. https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112285

Hara, Y., Uruma, T., Morishima, Y., Hirai, Y. (2019). Tingling throat syndrome' as asymptomatic anisakiasis following conveyor belt sushi consumption in Tokyo. International Journal of Infectious Diseases, 82, 102-103. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.03.019

Hoel, S., Mehli, L., Bruheim, T., Vadstein, O., Jakobsen, A.N. (2015). Assessment of Microbiological Quality of Retail Fresh Sushi from Selected Sources in Norway. Journal of Food Protection, 78(5), 977-982. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-480

Hoel, S., Vadstein, O., Jakobsen, A.N. (2018). Growth of mesophilic Aeromonas salmonicida in an experimental model of nigiri sushi during cold storage. International Journal of Food Microbiology, 285, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.008

Hulankova, R., Furmancikova, P. (2022). Comparison of microbiological quality of various sushi types from sushi kiosks, restaurants and retail. International Journal of Gastronomy and Food Science, 27, 100467. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100467

Kajihara, Y. (2018). A young man with acute onset epigastric pain after the ingestion of Japanese sushi. European Journal of Internal Medicine, 57, e3-e4. https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.02.032

Karimi, R., Silbernagel, S., Fisher, N.S., Meliker, J.R. (2014). Elevated blood Hg at recommended seafood consumption rates in adult seafood consumers. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 217(7), 758-764. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.03.007

Kondo, M.D. (2018). Woe sushi: gastric anisakiasis. Lancet Clinical Picture, 392:1340.

Kulawik, P., Alvarez, C., Cullen, P.J., Aznar-Roca, R., Mullen, A.M., Tiwari, B. (2018). The effect of non-thermal plasma on the lipid oxidation and microbiological quality of sushi. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 45, 412-417. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.011

Kulawik, P., Jamroz, E., Zajac, M., Guzik, P., Tkaczewska, J. (2019). The effect of furcellaran-gelatin edible coatings with green and pu-erh tea extracts on the microbiological, physicochemical and sensory changes of salmon sushi stored at 4 °C. Food Control, 100, 83-91. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.004

Lehel, J., Yaucat-Geundi, R., Darnay, L., Palotas, P., Laczay, P. (2020). Possible food safety hazards of ready-to-eat raw fish containing product (sushi, sashimi). Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(5), 867-888. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1749024

Liang, W.L., Pan, Y.L., Cheng, H.L., Li, T.C., Yu, P.H.F., Chan, S.W. (2016). The microbiological quality of take-away raw salmon finger sushi sold in Hong Kong. Food Control, 69, 45-50. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.015

Lorentzen, G., Breiland, M.S.W., Cooper, M., Herland, H. (2012). Viability of Listeria monocytogenes in an experimental model of nigiri sushi of halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and salmon (*Salmo salar*). Food Control, 25(1), 245-248. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.038

Marquis, G.E., Covaia, S.M., Tabb, A.M., Kitch, C.J., Helberg, R.S. (2023). Microbiological safety and quality of ceviche, poke, and sushi dishes sold at retail outlets in Orange County, CA. Heliyon, 9(6), e16862. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16862

Molina, C.N., Garzon, R., Rosell, C.M. (2022). Unraveling seasonings impact on cooked rice quality: Technological and nutritional implications for sushi. Journal of Cereal Science, 104, 103442. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103442

Ngai, E.W.T., Suk, F.F.C., Lo, S.Y.Y. (2008). Development of an RFID-based sushi management system: The case of a conveyor-belt sushi restaurant. International Journal of Production economics, 112(2), 630-645. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.011

Paiva, E.L., Alves, J.C., Milani, R.F., Boer, B.S., Quintaes, KD., Morgano, M.A. (2016). Sushi commercialized in Brazil: Organic Hg levels and exposure intake evaluation. Food Control, 69, 115-123. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.029

Park, S.M., Kim, H.W., Choi, C., Rhee, M.S. (2021). Pathogenicity and seasonal variation of *Aeromonas hydrophila* isolated from seafood and ready-to-eat sushi in South Korea. Food Research International, 147, 110484. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110484

Ramires, T., Kleinubing, N.R., Iglesias, M.A., Vitola, H.R.S., Nuncio, A.S.P., Kroning, I.S., Moreira, G.M.S.G., Fiorentini, A.M., Silva, W.P. (2021). Genetic diversity, biofilm and virulence characteristics of Listeria monocytogenes in salmon sushi. Food Research International, 140, 109871. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109871

Oshima, T. (1987). Anisakiasis — Is the sushi bar guilty?. Parasitology Today, 3(2), 44-48. https://doi.org/10.1016/0169-4758(87)90212-2

Silva, D.C., Lopes, S.M., Aquino, N.S.M., Elias, S.O., Duda, H.A., Tondo, E.C. (2020). Mathematical modelling and validation of *Salmonella enterica* growth in sushi exposed to different time-temperature scenarios found in real sushi establishments. Food Research International, 136, 109609. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109609

Silva, V., Nunes, J., Gomes, A., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Pereira, J.E., Torres, C., Igrejas, G., Poeta, P. (2019). Detection of Antibiotic Resistance in Escherichia coli Strains: Can Fish Commonly Used in Raw Preparations such as Sushi and Sashimi Constitute a Public Health Problem?. Journal of Food Protection, 82(7), 1130-1134. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-575

Skjerdal, T., Reitehaug, E., Eckner, K. (2014). Development of performance objectives for *Listeria monocytogenes* contaminated salmon (*Salmo salar*) intended used as sushi and sashimi based on analyses of naturally contaminated samples. International Journal of Food Microbiology, 184, 8-13. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.03.031

Tadele, W., Kulawik, P., Szymkowiak, A., Jambrak, A.R., Ozogul, Y., Ozogul, F. (2024a). Cold-storage preservation of cooked rice quality: Exploring challenges and strategies, featuring insights on sushi rice. Food Bioscience, 61, 104553. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104553

Tadele, W., Kulawik, P., Stepien, A., Zajac, M., Nowak, N., Grzebieniarz, W., Jasinska, J.M., Vlcko, T., Szymkowich, A., Milosavljevic, V., Debnarova, D., Jamroz, E. (2024b). Effects of multilayer Nano/Mini Furcellaran/Chitosan Emulsions with oregano essential oil and bioactive peptides on sensory, physicochemical properties and retrogradation in Sushi in cold storage conditions. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 96, 103767. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103767

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INSULIN PRODUCTION FROM FISH WASTES FOR DIABETICS

Berna KILINÇ[1], İrem KILINÇ[2]

[1]Faculty of Fisheries, Fish Processing Technology Department, Ege University, 35100 Bornova-Izmir, Türkiye.

[2]Faculty of Fisheries, Kâtip Çelebi University, 35620 Çiğli-Izmir, Türkiye.

ABSTRACT

The potential of fish and fish byproducts to solve global health issues. Although fish is an excellent source of nutrition, large quantities of its byproducts are frequently thrown away. However, bioactive peptides with antidiabetic qualities are present in these by-products. The pancreas secretes the hormone insulin, which is essential for controlling blood sugar levels. It promotes the storage and use of energy by making it easier for cells to absorb glucose. The chronic condition known as diabetes is brought on by either insufficient insulin production or inefficient insulin utilization. As a result, blood sugar levels rise, which over time may harm different organs. A significant risk factor for type 2 diabetes is insulin resistance, a disorder marked by a diminished body's reaction to insulin. It frequently arises as a result of lifestyle choices like sedentary activity and poor eating. To uncover more fish bioactive peptides than antihypertensive, antimicrobial, or antiproliferative ones, present production techniques should be enhanced. Advanced extraction procedures can be used to recover these peptides and include them in nutraceuticals and functional foods. This strategy encourages environmentally friendly behaviors and provides creative ways to manage and avoid chronic illnesses, such as insulin production.

Keywords: Insulin, bioactive peptides, fish by-products, diabetes, chronic disease

INTRODUCTION

Nutrition experts push for diets that are low in fat and high in carbs to combat modern ailments including type 2 diabetes, obesity, and heart disease. This statement suggests that the dangerous dietary groups are those that the general population views as healthy, such as carbs and polyunsaturated vegetable fats. Even while some processed carbohydrates can be tolerated in moderate amounts, long-term usage of them raises the risk of non-communicable illnesses (NCDS). Indigenous civilizations who adopt modern agriculture are developing diseases that were virtually nonexistent previously. Processed diets have been linked, among other things, to systemic inflammation and mitochondrial dysfunction. Their mechanism is insulin resistance, which is at the heart of most NCDs (Noakes et al., 2023). In relation to NCDs, diabetes is spreading like wildfire in the developed world. Moreover, insulin resistance is a major factor in the development of diabetes, which occurs 10–20 years before symptoms appear. Insulin resistance has been associated with persistent low-grade inflammation (Verma et al., 2024). Insulin resistance affects insulin sensitivity and secretion, which hinders glucose metabolism.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Insulin resistance has a major impact on the pathophysiology of type 2 diabetes and the metabolic disorder (Jahandideh and Wu, 2022). Moreover, it has been proposed that insulin resistance, glucose intolerance, and belly obesity are the main risk factors for certain metabolic illnesses.Prevention and treatment are equally important for public health because these individuals are at a very high risk of acquiring cancer and vascular diseases. Fish biopeptides and other products derived from marine fisheries have frequently been demonstrated to lower or completely eradicate these risk factors (Hokmabadinazhad et al., 2022). Thus, recent discoveries of pathways and target cells in the regulation of glucose and metabolic processes have opened up new avenues for the detection of novel bioactive peptides to improve insulin signaling and adipocyte development, glucose uptake, cholecystokinin receptor generation and activation, insulin mimetics, and incretin stimulators (Jahandideh and Wu, 2022).

Marine species such as salmon, cod, herring tuna, shrimp, and squid have been reported with high global value (Ramakrishnan et al., 2023). Since ancient times, fish has always been considered an important human foodstuff. In addition to this, fish can also be used as raw materials for the industrial production of different products. According to Ramakrishnan et al. (2023), marine species with great worldwide value include salmon, cod, herring tuna, shrimp, and squid. Fish has been regarded as a vital food source for humans since prehistoric times. Furthermore, fish can be utilized as raw materials for a variety of industrially produced goods. Fish skin leather, fish oil, glue, pearl essence, pituitary gland, isinglass, chitosan, chitin, fish protein concentrates and hydrolysates, fish scrap and meal, collagen, gelatin, fish fertilizer, compost, and fish silage are some examples of traditional fish products. These goods find significant uses in a variety of industries, including food, cosmetics, aquaculture, and agriculture. There have been reports of several unconventional high-tech fish products, including unique antibacterial proteins from skin. Novel antimicrobial proteins from skin mucus, insulin, albumins, hydroxyapatite, enzymes, blood proteins, protamine, antifreeze proteins, salcotonin, burn treatment bandages, fishbone calcium powder, biopolymer, biochar, bioplastics, and fish industry-derived rinse water recovery are just a few examples of uncommon high-tech fish products that have been reported. According to Sarkar et al. (2023), these products have numerous important uses in the chemical, pharmacological, and biomedical sectors. Due to by-products and side catches from the fisheries and aquaculture industries, this method has produced enormous volumes of garbage. As a result, there is currently a concentrated effort to minimize these wastes while creating beneficial products from aquatic elements. This includes the creation of functional foods with additional value that are derived from fish and help to prevent and maintain health. It is crucial to develop innovative green extraction techniques for bioactive substances from aquatic goods and to create such products from functional marine lipids and proteins. Furthermore, it is crucial to assess the elements influencing consumers' acceptability of functional foods derived from fish (Vidal et al., 2023). Furthermore, preparing fish generates a lot of wastes that are meant for purposes other than feeding. Fish and their waste products are very nutrient-dense. Therefore, in order to produce shelf-stable and healthful products for consumers, the food processing industry needs to gain the knowledge and skill set necessary to completely integrate this technology (Adrah and Thergorabi, 2022). Regarding the significance of the topic, this review summarizes food-derived bioactive peptides with glucoregulatory qualities, fish wastes, and the meaning of insulin and diabetes.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Fish wastes

According to the United Nations Food and Agriculture Organization, low-value waste, storage issues, and short shelf life cause almost 20% of fish to go uneaten. Furthermore, the fish processing sector produces a lot of by-products, which contributes to waste and degradation of the environment (Wang et al., 2024). Put another way, fish waste from the world's fish processing businesses contributes to both disposal issues and a significant amount of processed fish biomass, which mostly causes environmental damage. Proteins, amino acids, enzymes, minerals, lipids, and other substances are typically used to make these fish wastes. This includes a variety of bioactive peptides, carotenoids, omega-3 fatty acids, chitin, chitosan, and more. Most research has shown that by-products from the production of seafood, shellfish and squid are suitable for human use, animal feed and other uses of significant commercial value (Das et al., 2022). However, a lot of waste, like fish protein, is now underutilized or thrown away as waste. Thus, efficient methods for using these fish wastes ought to be required (Gao et al., 2021). Proteins must be carefully extracted and synthesized from these by-products in order to meet the "zero waste" requirement and implement the "biological refinery for high value compounds" strategy. In addition to having the potential to boost the world economy, this also lowers pollution, supports a path towards sustainable development, and is consistent with environmental sustainability goals (Yuan et al., 2024).

Considering the social, economic, and environmental advantages, the mechanical separation of fish meat from waste processing provides a sustainable and alternative method of producing ready-to-eat (RTE) items for human consumption. Existing customers who have a strong need for nutritious food items may be satisfied by RTE fish products made from the processing of fish waste (Adrah and Tahergorabi, 2022). As a result, natural bioactive chemicals derived from marine creature waste have also attracted a lot of attention as functional supplements because of their many positive effects, including healthy brain function, prevention of obesity, cardiovascular, anticancer, and antidiabetic properties, among others. Applications in human food and nutraceuticals, animal husbandry, pharmaceuticals, cell culture, and cosmetics are undoubtedly the result of the hydrolyzing of various wastes, including heads, bones, skin, internal organs, and ornaments, which have antioxidant, blood pressure-regulating, antidiabetic, and anti-inflammatory properties (Haq et al., 2025). For example, fish protein hydrolysates (FPH) have been produced through hydrolysis, breaking down fish or fish by-products into a mixture of fragmented proteins and smaller components such as amino acids, and peptides. Techniques for the purification of bioactive peptides from FPH have been improved rapidly in recent years, but there have been still many challenges, including high costs, low yields, and problems with bioactive peptide separation and analysis. While facing these challenges, techniques such as gel or size exclusion chromatography, ultrafiltration membrane, ion exchange chromatography, affinity chromatography, high performance liquid chromatography, and mass spectrometry continue to comphigh-performancerehensively separate fish bioactive peptides. Despite their intricacy, these techniques are still widely used since they concentrate on finding a quick, simple, and efficient approach of acquiring the required peptides. More fish bioactive peptides than antihypertensive, antibacterial, or antiproliferative ones should eventually be discovered by improving present production techniques (Nirmal et al., 2025). Fish swim bladder (FSB) protein was also found

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

to have inherent nutritional and health benefits in another study. Additionally, extraction, purification, and concentration procedures have been shown to enhance its pharmacological, biological, and nutritional advantages (Yu et al., 2024).

What is insulin?

Insulin is one of the main hormones that regulate metabolism within the body through a variety of primarily tissue-specific processes. Hormones that homeostatically regulate blood glucose levels are released in response to rising blood glucose and additional nutrition after meals. These hormones include the insulin-regulating incretins glucagon-like peptide-1 (GLP-1) and gastric inhibitory polypeptide, as well as insulin, which is released by the pancreatic β cells1 (Leney and Tavare, 2009). While galanin, neuropeptide Y, and the polypeptide of the pancreas (PP) encourage food intake, CCK (cholecystokinin) and glucagon-like peptide-1 (GLP-1) suppress it. Meal digestion is aided by CCK, PP, and secretion, which control exocrine secretion and the motility of the gastrointestinal tract. Somatostatin (SS), on the other hand, usually inhibits exocrine secretions. Insulin facilitates absorption by promoting the uptake of dietary molecules (such as glucose, amino acids, and fatty acids) into cells. An organism can grow by producing and accumulating proteins and energy reserves like glycogen and triacylglycerol, which are encouraged by insulin, which is normally anabolic. Insulin-like growth factors, such as IGF-1, also promote cell division and organism growth. The following elements promote the disintegration and discharge of stored energy stores (such as triacylglycerol and glycogen), which aids in the growth of organisms. According to Nelson and Sheridan (2006), glucagon, GLP-1, and somatostatins (SS) all promote the breakdown and mobilization of stored energy reserves.

Diabetes was described as "imagine watching somebody you care about go to waste" in one study. This occurs in spite of an inexhaustible thirst, an insatiable appetite, and seemingly constant urine. This image was taken before to the turn of the 20th century and shows a patient with diabetes. Even though diabetes was recognized as early as 552 BC, there was little to do save observe the diabetic's gradual decline in strength, ultimate unconsciousness, and eventual death. Dr. Paul Langerhans identified the pancreatic cells that produce insulin in 1869 (Zuber and Davis, 2020). According to reports, the plasma glucose content in healthy people normally falls between 70 and 100 mg/dl following a long-term fast and does not rise above 120 to 140 mg/dl following food digestion. Gluconeogenesis, the process of creating new glucose from precursors like pyruvate, lactate, glycerol, and gluconeogenic amino acids, or the breakdown of formerly stored glycogen are the two main ways that the liver releases glucose into the bloodstream in the post-absorption state. mostly alanine and glutamine (Simonson, 2009). The prevalence of resistance to insulin syndrome is rising, particularly in those with diabetes. It is believed that consuming more refined carbs and low-fiber foods is linked to a higher risk of developing insulin resistance disorder (Bhattacharya, 2015). An inability of insulin to deliver its typical biochemical, physiological, or clinical consequences is the hallmark of this prevalent metabolic disorder. Insulin resistance has long been recognized as a characteristic of type 2 diabetes and obesity, but there is now a wealth of evidence linking insulin-induced disorders to a variety of other medical conditions, including dyslipidemia, high blood pressure, coronary atherosclerosis, and chronic inflammation. These conditions are collectively referred to as the metabolic syndrome. Another essential component of the metabolic disorder is chronic renal

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

disease. Kidney illness of any source results in insulin resistance and its aftereffects, and diabetes and hypertension are the two main causes of kidney failure. Certain drug classes, like metformin and thiazolidinediones, have demonstrated promise for addressing many of the medical and metabolic abnormalities linked to insulin resistance, even though diet and exercise are the mainstays of therapy for insulin-resistant conditions (Simonson, 2018).

Food-Derived bioactive peptides with glucoregulatory properties

In keeping with the need for sustainable medical procedures and growing environmental concerns, recent research has examined the possible biomedical applications of chemicals generated from biological waste (Pourmadadi et al., 2024). The use of fish peptides as sustainable ingredients in antidiabetic medications is possible. Gelatins from salmon and tilapia, for instance, demonstrated possible bioactivity as antidiabetic drugs against α-glucosidase. The type of inhibition Munawaroh et al. (2023) predicted would be competitive inhibition on α-glucosidase. Hydrophobic amino acids such as phenylalanine, alanine, proline, methionine, tyrosine, valine, leucine, isoleucine, and tryptophan are primarily found in the peptides derived from their by-products. The length of bioactive peptides ranges from 2 to 20 amino acids. When their primary proteins are inside, they don't move. Hydrolyzed protein yields low molecular weight (0.3–8 kDa) peptides that are water soluble, readily absorbed by the body, and easy to digest (Ramakrishnan et al., 2023). The production of functional foods and/or nutraceuticals for the prevention and management of chronic diseases like inflammation, microbial infections, hypertension, oxidative stress, bone health, hyperlipidemia, cancer, etc., has a lot of potential thanks to bioactive peptides, which are released from their parent proteins primarily through enzymatic digestion or fermentation (Erdmann et al., 2008, Liang et al., 2018; Agrawal et al., 2019; Zhao et al., 2019; Quintal-Bojorquez and Segura-Campos, 2020; Chen et al., 2020). By influencing various bodily targets, such as glucose uptake, intestinal hormone release, insulin secretion and function, carbohydrate digestion, and adipose tissue modification, bioactive peptides may also enhance glucose homeostasis and insulin sensitivity (Laviola et al., 2006; Mlinar et al., 2007; Jahandideh and Wu, 2022). Examples of food-derived bioactive peptides with glucoregulatory properties include Ala-Lys-Ser-Pro-Leu-Phe (AKSPLF), Phe-Glu-Glu-Leu-Gln (FEELN),Val-Pro-Pro (VPP),Val-Phe-Lys-Gly-Leu (VFKGL),Glu-Arg-Tyr-Pro-Ile-Leu (ERKPIL), Ala-Lys-Ser-Pro-Leu-Phe(AKSPLF), Phe-Leu-Val (FLV), Gln-Ala-Met-Pro-Phe-Arg-Val-Thr-Glu-Gln-Glu (QAMPFRVTEQE), Trp-Glu-Lys-Ala-Phe-Lys-Asp-Glu-Asp (WEKAFKDED), Ile-Arg-Trp (IRW), Phe-Leu-Val (FLV), Ala-Thr-Gln-Pro-Leu-Phe (ATNPLF), Leu-Ser-Val- Ser-Val-Leu (LSVSVL), Ala-Gly-Phe-Ala-Gly-Asp-Asp-Ala-Pro-Arg (AGFAGDDAPR), and Val-Arg-Ileu-Arg-Leu-Leu-Gln-Arg-Phe-Asn-Lys-Arg-Ser (VRIRLLQRFNKRS). Although there is now little clinical proof of these bioactive peptides' efficacy, it is unavoidable to demonstrate their use in treating insulin resistance and glucose intolerance (Jahandideh and Wu, 2022).

Additionally, α-glucosidase was used to assess the antidiabetic qualities of tilapia gelatin (TG) and salmon gelatin (SG). Salmon gelatin and tilapia gelatin cross-linked with glutaraldehyde (GA) were utilized and contrasted with varying GA concentrations of 0.05%, 0.1%, and 0.15%. According to performance testing, the gelatin-GA 0.05% combo performed the best. SG and TG's active peptides also showed a significant binding affinity to the α-

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

glucosidase enzyme, according to antidiabetic bioactivity in vitro and silico experiments. The study's findings led the scientists to declare that the SG and TG cross-linked GA 0.05% had the potential to be an antidiabetic drug and a practical substitute for gelatin generated from mammals (Munawaroh et al., 2023).

Conclusion

Since processed carbs and harmful fats are so widely used, non-communicable diseases (NCDs) including diabetes, heart disease, and obesity are on the rise. Modern dietary patterns frequently overlook these important resources, despite the fact that traditional diets high in fish and seafood have been linked to improved health outcomes. The potential uses of fish and fish byproducts for addressing global health issues is examined in this study. Omega-3 fatty acids are one of the many vital nutrients found in fish, especially marine species, and they have been connected to a number of health advantages. Nonetheless, a sizable portion of fish byproducts (such as minds, bones, skin, and viscera) are frequently thrown away as garbage. Recent research has highlighted these by-products' potential as a source of bioactive peptides, which have a range of bioactivities, including antidiabetic benefits. These peptides can regulate blood sugar levels, improve insulin sensitivity, and reduce the risk of diabetes. Valuable bioactive components can be recovered from fish by-products through sophisticated extraction and purification methods, encouraging environmentally friendly practices. Additionally, there are encouraging opportunities to address global health issues by creating nutraceuticals and functional meals made from fish and fish byproducts. Novel approaches to the prevention and treatment of chronic illnesses might be developed by incorporating these bioactive components into food products. The analysis's conclusion emphasizes how crucial it is to look into the potential advantages of fish and fish by-products as a workable and successful tactic to fight NCDs. People may use these natural resources to enhance human health and well-being by implementing a circular economy strategy and allocating funding for research and development.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

References

Adrah, K., Tahergorabi, R. (2022). Chapter eight-Ready-to-Eat Products Elaborated With Mechanically Separated Fish Meat From Waste Processing. Sustainable Fish Production and Processing, 227-257. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824296-4.00006-2

Agrawal, H., Joshi, R., Gupta, M. (2019). Purification, identification and characterization of two novel antioxidant peptides from finger millet (Eleusine coracana) protein hydrolysate. Food Research International, 120, 697-707. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.028

Bhattacharya, M. (2015). A historical exploration of Indian diets and a possible link to insulin resistance syndrome. Appetite, 95,421-454. https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.07.002

Chen, Y., Chen, J., Chen, J., Yu, H., Zheng, Y., Zhao, J., Zhu, J. (2020). Recent advances in seafood bioactive peptides and their potential for managing osteoporosis. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(5), 1187-1203. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1836606

Dash, S., Shyamalini, S., Dash, P. (2022). Chapter 20 - Evaluation of various possibilities of underutilized fish processing biomass as a value-added product: A waste-to-wealth approach. Innovations in Fermentation and Phytopharmaceutical Technologies,437-455. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821877-8.00011-7

Erdmann, K., Cheung, B.W.Y., Schröder, H. (2008). The possible roles of food-derived bioactive peptides in reducing the risk of cardiovascular disease. The Journal of Nutritional Biochemistry, 19(10), 643-654. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2007.11.010

Gao, R., Yu, Q., Shen, Y., Chu, Q., Chen, G., Fen, S., Yang, M., Yuan, L., McClements, D.J., Sun, Q. (2021). Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges. Trends in Food Science & Technology, 110, 687-699. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.031

Haq, M., Ali, M.S., Park, J.S., Park, J.S., Kim, J.W., Zhang, W., Chun, B.S. (2025). Atlantic salmon (*Salmo salar*) waste as a unique source of biofunctional protein hydrolysates: Emerging productions, promising applications, and challenges mitigation. Food Chemistry, 462, 141017. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141017

Hokmabadinazhad, S.A., Songpadith, J.P., Houde, V.P., Pilon, G., Fliss, I., Marette, A., Bazinet, L., Beaulieu, L. (2022). Bioactivity of mackerel peptides on obesity and insulin resistance, an in-vivo study. Food Bioscience, 47, 101641. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101641

Jahandideh, F., Wu, J. (2022). A review on mechanisms of action of bioactive peptides against glucose intolerance and insulin resistance. Food Science and Human Wellness, 11(6), 1441-1454. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.06.001

Laviola, L., Perrini, S., Cignarelli, A., Natalicchio, A., Leonardini, A., Stefano, F.D., Cuscito, M., Fazio, M.D., Memeo, V., Neri, V., Cignarelli, M., Giorgino, R., Giorgino, F. (2006). Insulin signaling in human visceral and subcutaneous adipose tissue in vivo. Diabetes, 55, 952-961. https://doi.org/10.2337/diabetes.55.04.06.db05-1414

Leney, S.E., Tavare, J.M. (2009). The molecular basis of insulin-stimulated glucose uptake: Signalling, trafficking and potential drug targets. Journal of Endocrinology, 203(1), 1-18. https://doi.org/10.1677/JOE-09-0037

Liang, Q., Chalamaiah, M., Ren, X., Ma, H., Wu, J. (2018). Identification of New Anti-inflammatory Peptides from Zein Hydrolysate after Simulated Gastrointestinal Digestion and Transport in Caco-2 Cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66(5), 1114-1120. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04562

Mlinar, B., Marc, J., Janez, A., Pfeifer, M. (2007). Molecular mechanisms of insulin resistance and associated diseases. Clinica Chimica, Acta, 375, 1-2, 20-35. https://doi.org/10.1016/j.cca.2006.07.005

Munaworoh, H.S.H., Pratiwi, R.N., Gumilar, G.G., Aisyah, S., Rohilah, S., Nurjanah, A., Ningrum, A., Susanto, E., Pratiwi, A., Arindita, N.P.Y., Martha, L., Chew, K.W., Show, P.L. (2023). Synthesis, modification and application of fish skin gelatin-based hydrogel as sustainable and versatile bioresource of antidiabetic peptide. International Journal of Biological Macromolecules, 231, 123248. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123248

Nelson, L.E., Sheridan, M.A. (2006). Gastroenteropancreatic hormones and metabolism in fish. General and Comparative Endocrinology, 148(2), 116-124. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.01.011

Nirmal, N., Santivarangkna, C., Bekhit, A.E. D.A., Barba, F.J. (2025). Chapter Eight - Purification and identification of bioactive peptide from fish protein hydrolysate. Fish Protein Hydrolysates. From Production to Food and Nutraceutical Industry Applications, 197-229. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21654-1.00008-2

Noakes, T.D., Crofts, C., Ben-Dor, M. (2023). Chapter 1 - Understanding human diet, disease, and insulin resistance: scientific and evolutionary perspectives. Ketogenic The Science of Therapeutic Carbonhydrate Restriction in Human Health, 3-69. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821617-0.00011-5

Pourmadadi, M., Aslani, A., Holghoomi, R., Fathi-Karkan, S., Rahdar, A., Kharaba, Z., Pandey, S. (2024). Harnessing bio-waste for biomedical applications: A new horizon in sustainable healthcare. European Journal of Medicinal Chemistry Reports, 12, 100234. https://doi.org/10.1016/j.ejmcr.2024.100234

Quintal-Bojorquez, N., Segura-Campos, M.R. (2020). Bioactive peptides as therapeutic adjuvants for cancer. Nutr. Cancer, 1-13.

Ramakrishnan, S.R., Jeong, C.R., Park, J.W., Cho, S.S., Kim, S.J. (2023). A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. Heliyon, 9(3), e14188. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188

Sarkar, M.S.I., Hasan, M.M., Hassain, M.S., Khan, M., Islam, A.A., Paul, S.K., Rasul, M.G., Kamal, M. (2023). Exploring fish in a new way: A review on non-food industrial applications of fish. Heliyon, 9(12), e22673. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22673

Simonson, D.C. (2009). Chapter 25-Insulin Resistance and Diabetes in Chronic Renal Disease. Textbook of Nepro-Endocrinology, 383-409. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373870-7.00025-9

Simonson, D.C. (2018). Chapter 14- Insulin Resistance and the Metabolic Syndrome in Chronic Renal Disease. Textbook of Nephro- Endocrinology (Second Edition), 233-258. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803247-3.00015-5

Verma, S., Abbas, M., Talwar, A., Anand, S., Nayyar, A., Fatima, F., Zahera, M. (2024). Chapter 12- Potent inflammatory biomarkers in insulin resistance. Biochemical Immunology of Diabetes and Associated Complications, 231-250. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13195-0.00012-0

Vidal, N.P., Dermiki, M., Lordan, R. (2023). Chapter 11- Fish-derived functional foods and cardiovascular health: An overview of current developments and advancements. Functional Foods and Their Implications for Health Promotion, 303-316. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823811-0.00002-X

Wang, S., Zhang, L., Wang, H., Zhong, B., Hu, Y., Yin, H., Tu, Z. (2024). Review the antioxidant and angiotensin converting enzyme inhibitory peptides derived from fish: Preparation, structure-relationship, bioavailability and ameliorating strategies. Food Bioscience, 62, 104955. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104955

Yu, H., Mubango, E., Wu, K., Luo, H., Hong, H. (2024). Unraveling the potential of blue foods: A comprehensive review on the extraction, bioactive properties, and applications of proteins and biopeptides from fish swim bladder. Trend in Food Science & Technology, 144, 104345. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104345

Yuan, Z., Ye, X., Hou, Z., Chen, S. (2024). Sustainable utilization of proteins from fish processing by-products: Extraction, biological activities and applications. Trends in Food Science & Technology, 143, 104276. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104276

Zhao, Y.Q., Zhang, L., Tao, J., Chi, C.F., Wang, B. (2019). Eight antihypertensive peptides from the protein hydrolysate of Antarctic krill (*Euphausia superba*): Isolation, identification, and activity evaluation on human umbilical vein endothelial cells (HUVECs). Food Research International, 121, 197-204. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.035

Zuber, K., Davis, J.S. (2020). A Century of Discovery: The Centennial of Insulin. Physian Assistant Clinics, 5(2), xv-xvii. https://doi.org/10.1016/j.cpha.2019.11.001

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİYSİLERE ENTEGRE EDİLEN PİEZOELEKTRİK ŞERİT İLE ENERJİ PERFORMANSI VE İNSAN YÜRÜME DAVRANIŞININ ANALİZİ[2]

Nural MADAK[2]
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
nuralmadak@gmail.com – ORCID 0000-0003-2758-8337
Prof. Dr. Mustafa KURT[3]
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
mustafa.kurt121314@gmail.com- ORCID 0000-0002-5021-992X

ÖZET

Günümüz teknolojisi ve insanların talepleri, yerinde ve kolay erişilebilir enerjiye olan ihtiyaç; her geçen gün artmakta ve bilim insanlarını bireysel yenilikçi enerji kaynaklarını keşfetmeye zorlamaktadır. Bu alandaki araştırmacıların amacı, maliyet ve performans dengesini göz önünde bulundurarak basit ve uygulanabilir sistemleri günlük hayata uyarlamak, kullanılan enerji kaynağının çevre dostu, yenilenebilir ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktır.

Günlük giyimde yeni bir konsept olarak akıllı tekstiller, belirli amaçlar için tasarlanmış işlevsel tekstil ürünleridir. Piezoelektrik malzemeler, son on yıllardır akıllı tekstillerin üretiminde sıklıkla tercih edilen bileşenler haline gelmiştir. Piezoelektrik malzemelerin elektrik üretmek için uygulama potansiyeli literatürde, akıllı tekstiller için yaygın olarak araştırılmış olsa da vücut hareket dinamikleriyle ilişkili çalışmalar henüz gerçek anlamda incelenmemiştir.

Bu çalışmada, bir şerit piezoelektrik malzeme bir pantolon üzerine monte edildi ve piezoelektrik malzeme tarafından üretilen elektrik sinyalleri, farklı yürüme desenlerine sahip bacak hareketlerine göre incelendi. Bu hareketler, her adımda değişen genliklere sahip karmaşık sinüzoidal dalgalar olarak görünür. Yürüme sırasında ölçülen bu dalgaların genliği, piezoelektrik malzemeden elde edilen potansiyel farkını gösterir ancak etkiyi tam olarak karakterize etmek için yeterli değildir. Bu nedenle, FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) yöntemi kullanılarak ölçülen sinyaller zaman alanından frekans alanına dönüştürüldü ve hareket sırasında sinyal genliğini etkileyen gürültü gibi dış etkiler, uygun filtreleme teknikleri kullanılarak analizden çıkarıldı.

Sonuçlar sıradan yürüyüşle vücut hareketlerinin farklı bireyler için 6-10 V aralığında bir elektrik potansiyeli üretebileceğini göstermektedir. Bu voltaj seviyesi bir akıllı telefon pilini şarj etmek için yeterli olduğundan, piezoelektrik malzemeler içeren akıllı giysiler kullanılırsa, bireylerin düşük voltajlı elektronik cihazlarına hareketleri yoluyla güç sağlayabilecekleri önerilebilir. Ayrıca, çeşitli yürüme desenleri için FFT analizlerinin frekans spektrumunda

[2] 1-Bu çalışma Nural MADAK'ın, Prof. Dr. Mustafa KURT danışmanlığında hazırladığı 'Kıyafetlere Uygulanan Piezo Liflerin Elektrik Üretim Performans Analizi' adlı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.
2-ÇOMÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi
3-ÇOMÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

önemli farklılıklar da gözlemlendi. Frekans spektrumunun incelenmesi ile vücuttaki bazı kusurlar tespit edilebilir.

Anahtar Kelimeler : 1-Piezo Şerit 2- Akıllı Tekstil 3-Yenilenebilir Enerji 4-FFT

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ANALYSIS OF ENERGY PERFORMANCE AND HUMAN WALKING BEHAVIOR BY STRIP PIEZOELECTRIC INTEGRATED ON CLOTHING[1]

Nural MADAK[2]
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
nuralmadak@gmail.com - ORCID 0000-0003-2758-8337
Prof. Dr. Mustafa KURT[3]
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
mustafa.kurt121314@gmail.com - ORCID 0000-0002-5021-992X

ABSTRACT

Current technology and people's demands, the need for on-site and easily accessible energy is increasing day by day, forcing scientists to explore individual innovative energy sources. The aim of researchers in this field is to adapt simple and applicable systems to daily life while considering the balance of cost and performance, ensuring that the energy source used is environmentally friendly, renewable, and sustainable.

Smart textiles as a new concept in daily clothing are functional textile products designed for specific purposes. Piezoelectric materials have become the frequently preferred components in the production of smart textiles for the last decades. While the application potential of piezoelectric materials to generate electricity has been widely investigated for smart textiles in the literature, studies correlating with body motion dynamics are not studied truly yet.

In this study, a strip piezoelectric material was mounted on a pair of pants, and the electrical signals generated by the piezoelectric material were examined based on leg movements with different walking patterns. These movements appear as complex sinusoidal waves with varying amplitudes during each step. The amplitude of these waves, measured during walking, indicates the potential difference obtained from the piezoelectric material but is insufficient to fully characterize the effect. Therefore, signals measured using the FFT (Fast Fourier Transform) method were converted from the time domain to the frequency domain, and external effects such as noise, which influence signal amplitude during movement, were excluded from the analysis using appropriate filtering techniques.

The results show that body movements with ordinary walking could generate an electrical potential in the range of 6-10 V for different individuals. Since this voltage level is sufficient to charge a smartphone battery, it can be suggested that if smart clothing incorporating piezoelectric materials are used, individuals could power their low-voltage electronic devices through their movements. Furthermore, significant differences in the frequency spectrum of FFT analyzes were also observed for various walking patterns. By analyzing the frequency spectrum, some body defects can be detected.

Keywords:1-Piezoelectric Strip, 2-Smart Textile, 3-Renewable Energy, 4-FFT

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Dünyada çoğu enerji kaynağının sınırlı ve belirli bölgelerde yoğunlaşması ülkeleri yeni enerji kaynakları bulma arayışına sürüklemekle birlikte, bulunan enerji kaynaklarının da yenilebilir ve sürdürülebilir olması amaçlanmaktadır. Dünya geneline bakıldığında artan teknoloji ile birlikte en çok kullanılan ve ihtiyaç duyulan enerji türlerinden birinin elektrik enerjisi olduğu görülmekte ve bu ihtiyacı karşılamak için son yıllarda kullanımı artan rüzgâr, güneş, jeotermal gibi enerji kaynaklarının yanı sıra farklı alternatifler de değerlendirilmekte ve geliştirilmektedir.

Bu hedefte araştırmalarda bulunan bilim insanları son 20-30 yıldır piezo malzemeler ile elektrik enerjisi üretme konusunda çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar. Piezoelektrik özellik, malzemenin mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirme veya tam tersi etki ile elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirme yeteneğidir (Çalapkulu: 2024). Yapılan ve/veya yapılması önerilen bu tip çalışmalarda öne çıkan denemelerden birisi de piezo malzemeler ile geliştirilen akıllı tekstil ürünleridir.

Belli bir amaç için üretilen, estetik özelliklerinden öte fonksiyonları ile ön planda olan tekstil ürünleri, teknik tekstiller adını almaktadır (Mecit ve arkadaşları 2007: 76). Akıllı tekstiller ise teknik tekstillerin elektronik ve bilişimsel özellikler katılarak daha da geliştirilmiş çeşididir.

Akıllı tekstiller tekstil materyalinin yapısına ilave edilen işlevsellikler ile çevredeki uyarıları algılayabilir, onlara tepki verebilir ve uyum sağlayabilir yapıda imal edilebilirler. Bu uyarılar kimyasal, elektriksel, manyetik, termal ya da farklı bir kökene bağlı olabilir (Langenhove, Puers & Matthys, 2005:176). Akıllı tekstiller etkiyi algılama ve tepki verebilme özelliklerine göre sınıflandırıldıklarında üç gruba ayrılırlar. Eğer sadece etkiyi algılıyorsa *pasif akıllı tekstil*, etkiye karşılık tepki verebiliyorsa *aktif akıllı tekstil*, tepkiyi vermenin yanında çevreye uyum sağlıyorsa ultra akıllı tekstil adını almaktadır. Örneğin bir giysideki sensör kalp atış hızını izliyor ve kaydediyorsa pasif, bu izleme sonunda belirlenen bir değerde ikaz veriyorsa aktif akıllı tekstil ürünüdür veya bir termal giysi ısının artış ve azalışına göre renk değiştirip ortamın sıcaklığına uyuyorsa *ultra akıllı tekstil* malzemesidir (https://tekstilst.com/ , 2024).

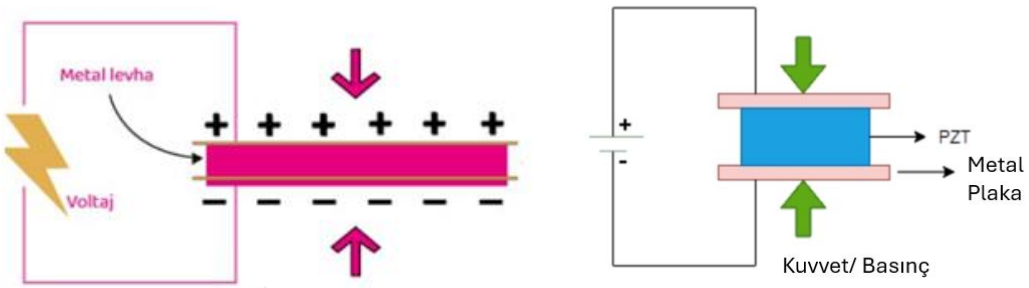
Akıllı tekstiller üretim tekniklerine/elde edilme yöntemlerine göre de sınıflandırılabilirler. Bu tip sınıflandırma dört grupta toplanabilir. Birinci grup *faz değiştiren metaryellerle elde edilmiş ürünler* olan kişileri sıcak soğuk etkilerinden, yüksek voltaj, nükleer radyasyon, zehirli kimyasallardan koruyan, özel spor dalları ile askeri ve güvenlik mensupları için üretilen giysilerdir. İkinci grup *biçimsel hafızalı materyallerden elde edilen akıllı tekstiller* olup bunlar farklı çevre şartlarında o an bulundukları formdan, önceden belirlenmiş olan eski hallerine dönebilmektedirler. Bir diğer grup *kromik materyallerden elde edilen akıllı tekstiller*dir ve

bunlar ısı, ışık, basınç, elektrik, kimyasal vb. çevresel etkilerle renk değiştiren tekstil materyalleridir. Dördüncü grup ise *elektronik/iletken tekstillerden, elyaflardan elde edilen akıllı tekstil* malzemeleridir. Bu tip malzeme ve giysiler tekstil elyafının iletken ve yalıtkan yapıda olmasından yararlanarak veya bazı iletken tellerin giysi ve ürünlere monte edilmesiyle üretilebilmektedir (Coşkun ve Oğulata, 2008: 101-105)

Elektronik ve iletken yapılı akıllı tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan malzemelerden birisi de piezo malzemelerdir. Piezo malzemeler, üzerlerine uygulanan kuvvet ve basınç etkisiyle atomik yapılarında kutuplaşma meydana gelen yarı iletken malzemelerdir.

Piezo malzemeler genellikle seramik, turmalin, kuartz (SiO2), baryum titanat (BaTiO3) kurşun-zirkonyum-titanyum (PZT) yapılıdır ve mikrafon, pikap, gemilerin sonar cihazlarında, radyo vericilerinde, elektrik üretimindeki rotor sargılarının sarım metallerinde, asfalt yollarda basınca bağlı elektrik üretiminde ve benzeri birçok alanda kullanılmaktadır (Atar, F. 2023).

Piezoelektrik malzemeler, maddenin kristal yapısının bozulması sonucu ortaya çıkan bir formdur ve uygulanan kuvvet veya basınç sonucu kristal simetri yapısı bozulan malzemede pozitif yükler bir kutupta negatif yükler bir kutupta toplanır (görsel 1-2). Böylece malzemede bir gerilim oluşur ve malzeme çevresinde elektriksel alan meydana gelir (Çalapkulu: 2024).



Görsel 1-2: Piezoelektrik malzemenin gerilim üretme prensibi (kaynak: Çalapkulu: 2024; https://www.alteksan.com/piezoelektrik-nedir-ve-ornekleri/ : 2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1.Çalışmada Kullanılan Yöntem ve Malzemeler

Araştırmamızda standart bir kot pantolona ön cep hizasından paça bitiminin 10-12 cm üstüne kadar uzanan 80 cm civarında ve özellikleri çizelge 1'de yer alan Farnell firmasından temin edilen bir piezo şerit monte edildi.

Çizelge 1: Kullanılan piezo şeritin özellikleri ve hareketlerdeki yanıt verme değerleri (kaynak: https://www.farnell.com/datasheets/2921323.pdf)

Parametre	Min.	Tip	Mak.	Birim/
Tüm Uzunluk	797.5	800.0	802.5	mm, (lehim tırnakları hariç)
Tüm Genişlik	7.7	8.0	8.3	mm
Aktif Elektrot uzunluğu	691.5	698.5	701.0	mm
Aktif Elektrot genişliği	2.7	3.0	3.3	mm
Kapasitans	5.4	7.3	9.3	nF@1k Hz
Dağılma Faktörü	-	0.02	0.03	@1k Hz
Gerilim Hassasiyeti (V)	-	0.015	-	V/με
Gerilim Hassasiyeti (Q)	-	110	-	pC /με
Temel Film Kalınlığı	27	30	33	μm
Akma Gerilimi	45	-	-	MPa (uzatma yönü)

0.1 Hz data	Q p-p	V p-p OC
Nabız	0.5-1 nC	75-150 mV
Nefes Alıp Verme (Solunum)	2-7 nC	0.3-1 V
Hareket	100-500 nC	10-70 V

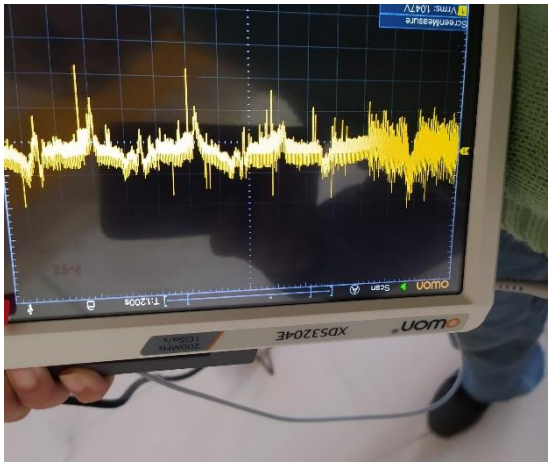
Daha sonra osiloskop probu, piezo şeritin iletken uçlarına bağlanarak osiloskop vasıtasıyla yürüme ve koşma anında farklı kişilerin oluşturduğu gerilimler ölçüldü. Probun ekstra piezo üzerinde titreşim yapmasını önlemek için pantolon kemerine sabitlenme yapıldı (görsel 3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3: Deneyde kullanılan pantolon, piezo şerit ve prob

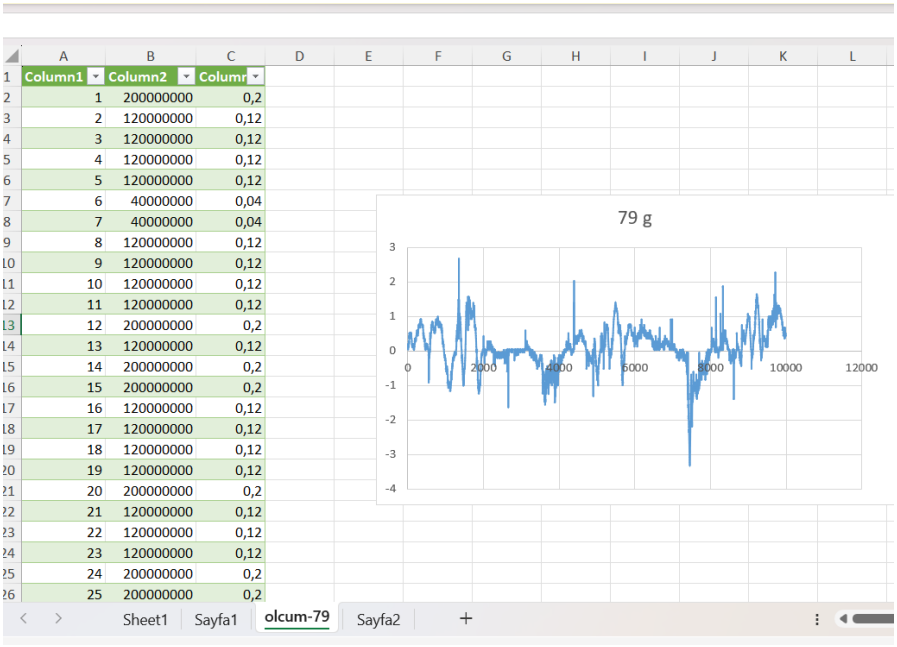
Osiloskoptan alınan gerilim kayıtları (osiloskopun kayıt gücüne bağlı olarak) maksimum 10 sn olarak ölçülmüş ve kişilerin yürüme ve koşma modlarında 50 ölçüm yapılmıştır (görsel 4).



Görsel 4:Hareketlerin osiloskop ölçümleri

Osiloskop kayıtlarında 10000 frekans aralığına (hertz) bölünen, kişilere ait bu gerilim verileri, önce Excell programı ile görsel 5'de yer alan grafik biçimine getirilerek grafiklerin içinden en az gürültü karışan ve en az uç değer gösteren (yürüme ve koşma anında 10 sn boyunca en stabil hareketli olan) veriler Orijin programında FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) yöntemi ile analiz edilmiştir.

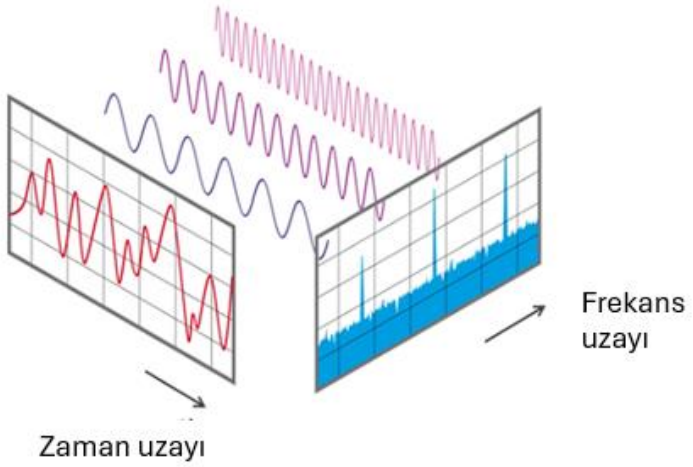
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 5:10 sn'lik hareket kayıtlarının grafiksel dönüşümleri

2.2. FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü)

FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü), zaman uzayındaki bir sinyali frekans uzayına çeviren bir matematiksel fonksiyon olup Ters Fourier Dönüşümünde ise frekans uzayındaki sinyaller zaman uzayına çevrilmektedir. Fourier dönüşümünde kompleks üstel bileşik bir dalga sinyali, tek tek frekans bileşenlerine ayrılır ve o şekilde görselleştirilir (görsel 6) (Küçük, 2019). Genliği sabit bir sinyal, frekans uzayında dikey çizgi biçiminde gösterilir.



Görsel 6: Zaman uzayı ve frekans uzayında bir sinyalin gösterimi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bir tam dalganın zaman uzayında oluşma süresi periyot (T), saniyedeki gösterimi frekans yani (1/T) ile ifade edilir. Diğer bir ifadeyle frekans belli bir sürede (genellikle 1 saniye) herhangi bir şeyin yenilenme sıklığıdır. Bu tekrarlanma sayısı ne kadar yüksek ise frekans o kadar yüksek değer alır. Frekans hem pozitif hem negatif değerde gösterilir. Birimi Hertz (Hz)'dir. Sinyalin saniyedeki her tekrarı 1 Hertz demektir https://www.netes.com.tr/blog/frekans-nedir?, 2024).

2.2.1.FFT'de Faz (Phase), Genlik (Amplitute) ve RMS Değeri

Faz, genlik değerinin yatay eksen ile yapmış olduğu açıyı ifade eder. Sinozodial bir sinyalin her hertz'de sahip olduğu açı dereceleri birleştirilerek faz grafiği elde edilir ve böylece sürekli aynı modda çalışan makine veya bir canlının hareketindeki sapmalar ve anomaliler belirlenebilir.

Genlik (Amplitute) ise bir sinyalin pozitif ve negatif tepe (peak) değerleri arasındaki dikey uzaklığı belirtir. Genlik değeri oluşan gerilimin büyüklüğü hakkında bilgi verir.

RMS değeri, herhangi bir sinyalin ortalama genlik değerini ifade eder. RMS ve tepe değerleri arasında eşitlik 1'deki ilişki bulunur (Gjelstrup: 2023).

$$rms=1/\sqrt{2}\ peak \qquad (1)$$

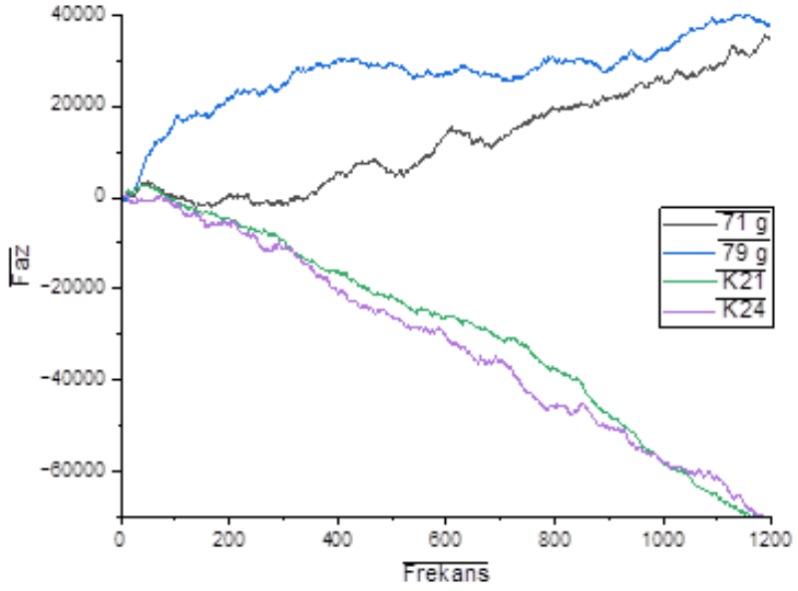
2.3.Çalışmada Elde Edilen FFT Analizleri

Çalışmada iki kişinin yürüme ve koşma hareketlerinden elde edilen gerilim değerlerinin FFT analizleri aşağıdaki gibidir.

2.3.1. İki Kişinin Yürüyüş Analizleri –Faz-RMS ve RMS Farkı

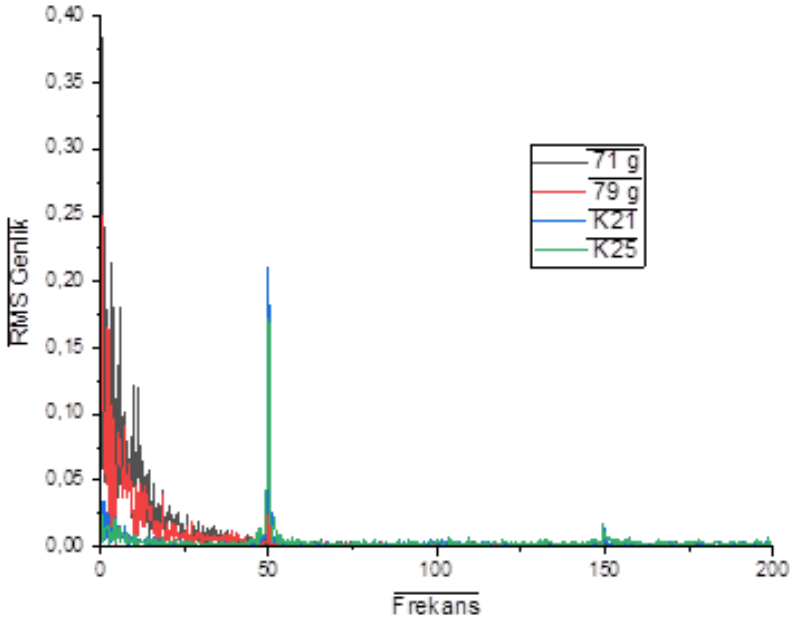
Grafik 1'de iki kişinin rutin iki farklı yürüyüşlerindeki gerilimin faz değeri yer almaktadır. (1. kişi 71g, 79g; ikinci kişi k21 ve k24) Elde edilen faz değerlerinde kişilerin yürüyüşlerindeki adımlama ve hız, farklı olmasına rağmen aynı kişinin farklı yürüyüşlerindeki adımlama ve yürüyüş hızı benzerlik göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Grafik 1: Kişilerin farklı yürüme hareketlerinin faz diyagramı

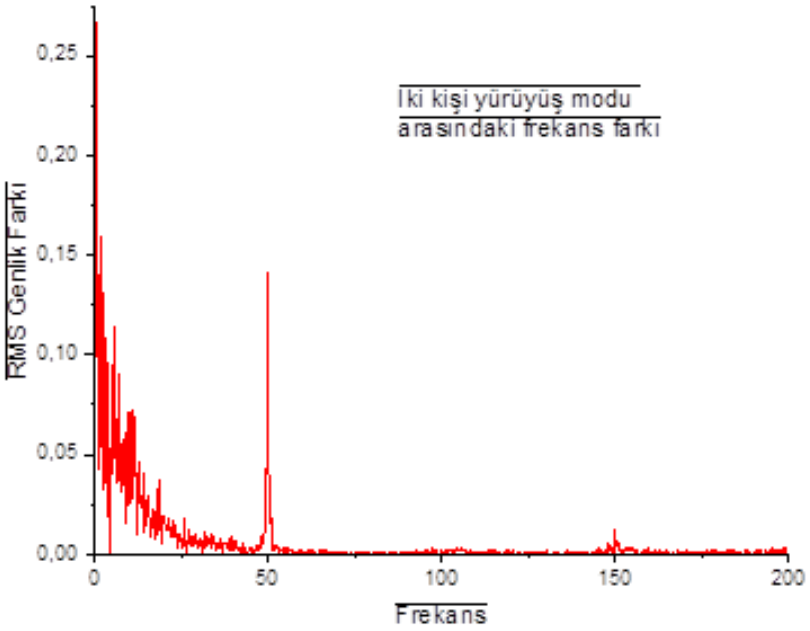
Grafik 2'de, iki kişinin toplam 4 yürüyüşü için RMS değerleri yer almaktadır. Grafikten 50Hz frekansta RMS genlik değerinin 2.kişi için maksimum olduğu ancak 1. ve 2 . kişinin hareket (bacak salınımları) arasında ciddi bir farklılık bulunduğu izlenmektedir. 2. kişinin (k21ve k25) yürüyüş hareketinin daha harmonik ve düzgün olduğu fakat 50 hz'de -muhtemelen yere basma anında çok sert bir şekilde zeminle temas edip- aşırı titreşim oluşturduğu görülmektedir.



Grafik 2: İki kişinin farklı yürüyüşlerindeki RMS değerleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Aşağıdaki grafik 3'te iki kişinin toplam 4 yürüyüşündeki RMS genlik farkı yer almaktadır. Grafiğin dağınık yayılım göstermesi kişilerin yürüyüş modlarının oldukça farklı olduğunu belirtmektedir.

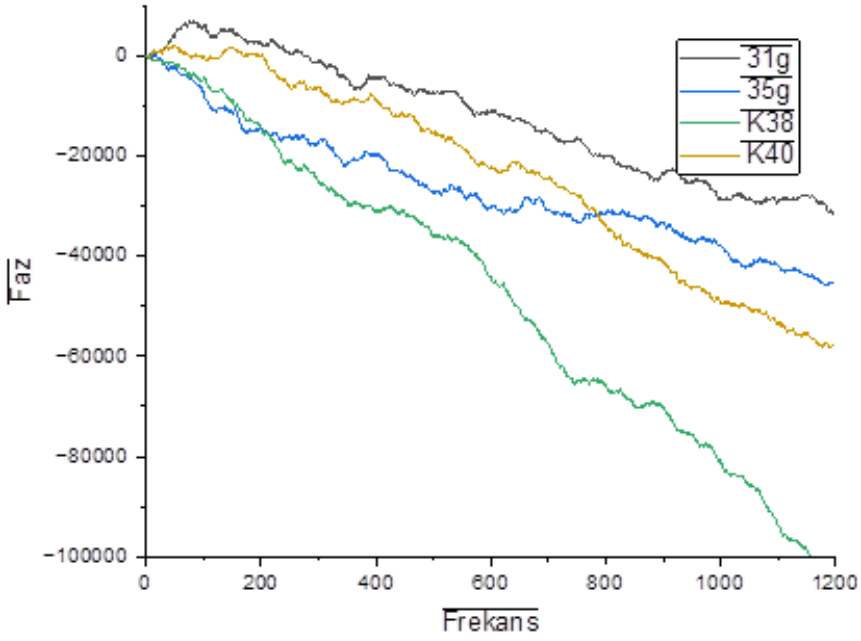


Grafik 3: İki kişinin farklı yürüyüşlerindeki RMS değeri farkı

2.3.2. İki Kişinin Koşu Analizleri –Faz-RMS ve RMS Farkı

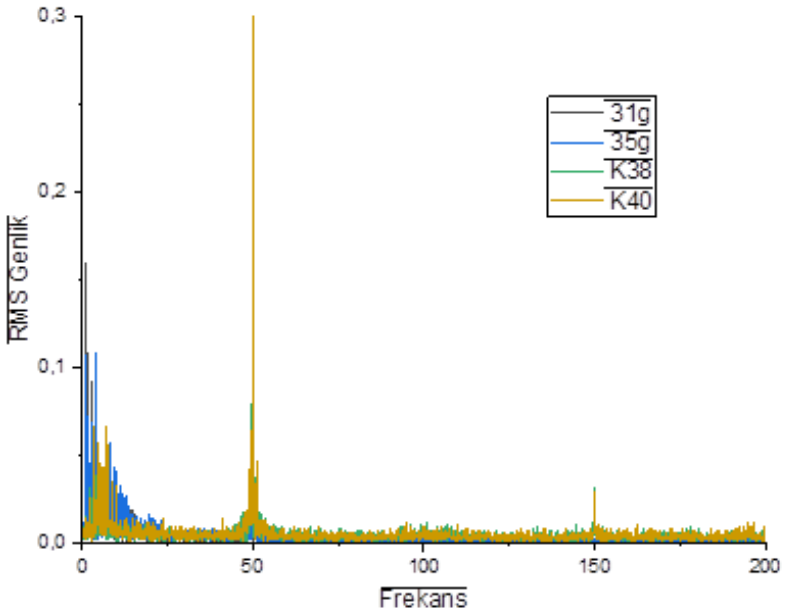
Kişilerin koşu hareketine ilişkin grafikler aşağıdaki gibi çıkmıştır. Grafik 4'teki iki kişinin farklı koşu analizlerindeki faz değerleri incelendiğinde, farklı kişilerin faz değerlerinin paralellik ve aynı kişinin faz değerlerinin yine benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. (1. kişi 31g, 35g; ikinci kişi k38 ve k40)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Grafik 4: İki kişinin farklı koşularındaki faz değerleri

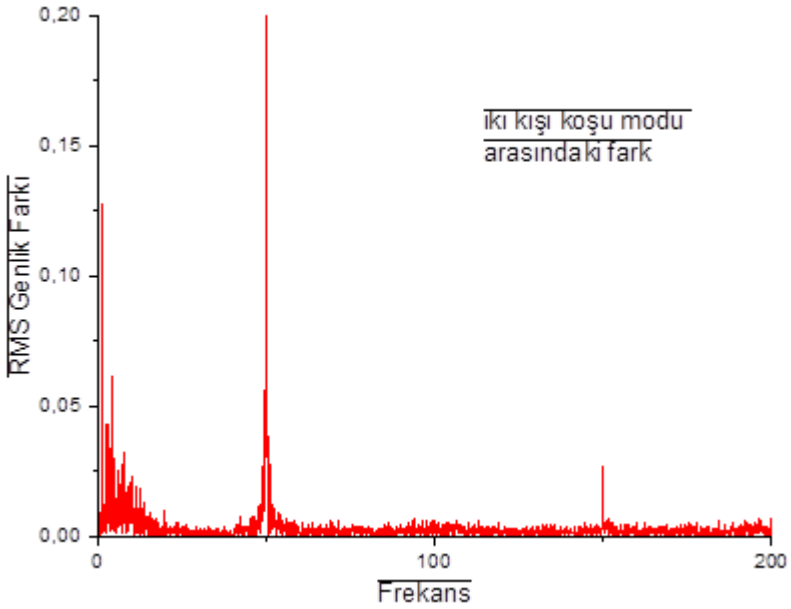
Aşağıdaki 5. grafikte iki kişinin toplam 4 koşusu için RMS değerleri yer almaktadır. Ortalama genlik değerlerinin yürüyüş de olduğu gibi farklılık gösterdiği 2. kişinin 50 hz'de aşırı titreşim oluşturduğu aynı zamanda 0-25hz aralığında 1.kişiye yaklaştığı görülmektedir.



Grafik 5: İki kişinin farklı koşularındaki RMS değerleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Grafik 6'da ise kişilerin toplam 4 koşudaki RMS genlik farkında *0-25hz'ye yakın frekans değerlerinde* (1. ve 2. kişinin değerlerinin yoğun bulunduğu) *ve 50hz frekans değerlerinde* (2. kişinin değerlerinin yoğun bulunduğu) kümeleştiği ve arttığı görülmektedir.



Grafik 6: İki kişinin farklı koşularındaki RMS değeri farkı

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan araştırma sonucundaki FFT analizlerinde;

*Farklı kişiler için yürüyüş formlarında elde edilen gerilim değerlerinde faz ve RMS değeri grafiklerinin farklı, koşu formundaki faz değerleri grafiklerinin paralel ancak RMS grafiği değerlerinin farklı olduğu görülmektedir. Aynı kişinin her iki yürüyüş veya her iki koşu formunda ise benzer grafikler elde edilmiştir. Yani her kişinin yürüyüş ve koşu formu şahsıma münhasır olup kişiler arasındaki adımlama veya hareket koşu formunda birbirine yaklaşmaktadır.

*2. yürüyen kişinin analiz değerlerinde RMS değerinin 50Hz, 1. yürüyen kişinin RMS değerinin 0-25 Hz değerlerinde yüksek olduğu görülmüştür. 2. Kişinin daha ritmik ve harmonik bir yürüme yaptığı 1. kişinin daha salınarak yürüdüğü bilinmekte olup bu farklı stiller sonuçlarla da kanıtlanmıştır.

*Koşu formunda, kişilerin faz değeri grafikleri azalan bir eğime sahipken her bir kişinin koşma formu grafiği kendi içinde daha benzer ve paraleldir. Bu sonuçtan koşu halinde herkes için benzer kas gruplarının benzer titreşime neden olduğu çıkarılabilir.

*Ritmik yürüyen kişide yürüme faz değerleri koşu formundaki faz değerleriyle benzerlik göstermektedir. Çünkü aslında koşu ritmik yürümenin daha hızlı bir versiyonudur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yaptığımız araştırmanın sonuç verileri değerlendirildiğinde; Piezoelektrik malzeme kullanılarak tasarlanan bir kıyafet ile kişilerin günlük hareketleri sayesinde kayda değer bir gerilim elde edildiği görülmüştür. Ölçülen bu gerilim değerleri 6-10 V değer aralığında yer almaktadır. Günlük hayatta bu tip bir giysi vasıtasıyla, ölçülen gerilim değerleri takip edilerek, kişilerin rutin hareketlerindeki farklılıklar gözlenebilir ve böylece hem sağlıklı hem de yaşlı, hasta veya engelli bireylerin değerleri tıpkı bir EKG ölçümü gibi değerlendirilerek rahatsızlık ve anomaliler saptanabilir ihtiyacı olan kişilerin yardımına aciliyetle ulaşılabilir. Bunun yanında doktorlar ve/veya bireyler hareketlerini analiz eden bir sistemle; kişinin ortopedik olarak yaptığı hataları (çok hızlı yürüme, sert basma vb.) veya kazaları (çarpma vb.) yorumlayıp, tespit edebilir.

Elde edilen gerilim değerlerinin depolamasının yapılması durumunda ise bu gerilim ile kullanılan sensörlere kaynak sağlanabilir kişiler bunun için yedek pil, güç kaynağı olmadan tamamen rutin hareketleri ile şarj işlemini gerçekleştirebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1. Atar, F.(2023). Piezoelektrik Malzemeler ve Uygulama Alanları. https://www.ceyrekmuhendis.com/piezoelektrik-malzemeler-ve-uygulama-alanlari (Erişim tarihi: 21.10.2024)

2. Coşkun E. ve Oğulata R. T. Akıllı Tekstiller Ve Genel Özellikleri, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, 18,3, 2008. ss 100-109

3. Çalapkulu, S. (2024). Piezoelektrik. https://www.sektorumdergisi.com/piezoelektrik/ (Erişim tarihi: 21.12.2024)

4. Gjelstrup, S. L. (2023). FFT Analizi (Hızlı Fourier Dönüşümü): Frekans Analizine İlişkin Nihai Kılavuz. https://dewesoft.com/blog/guide-to-fft-analysis (Erişim Tarihi: 25.09.2024)

5. https://tekstilst.com/akilli-tekstiller-nedir-ve-uygulama-ornekleri-nelerdir/ (Erişim tarihi: 22.12.2024)

6. https://www.alteksan.com/piezoelektrik-nedir-ve-ornekleri/ (Erişim Tarihi: 15.09.2024)

7. https://www.farnell.com/datasheets/2921323.pdf (Erişim tarihi: 22.08.2024)

8. https://www.netes.com.tr/blog/frekans-nedir? (Erişim tarihi: 22.12.2024)

9. Küçük, M. A. (2019). Fourier Dönüşümü ve Frekans Uzayı. https://www.mehmetalikucuk.com/elektrik-elektronik/fourier-donusumu-ve-frekans-uzayi/ (Erişim tarihi: 20.12.2024)

10. Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T. ve Tarakçıoğlu, I. "Teknik Tekstillerin Kullanım Alanları 1. Bölüm" Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 3,2, 2007. ss 79-82.

11. Van Langenhove, L., Puers, R., & Matthys, D. "Intellıgent Textıles For Protectıon." Textıles For Protectıon, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2005, pp. 176–95.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DİJİTAL DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA TEKSTİLVE MODA SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Nejla ÇEVEN
Vanelli Tekstil San. ve Tic.A.Ş., Organize Sanayi Bölgesi, Nilüfer, Bursa, Türkiye,
nejla@vanellitextile.com, 0009-0004-4926-8881

Doç.Dr. Gizem KARAKAN GÜNAYDIN
Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık Tasarım Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, Denizli,Türkiye
ggunaydin@pau.edu.tr - 0000-0001-9164-3391

Prof. Dr. Erhan KENAN ÇEVEN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,Tekstil Mühendisliği Bölümü, Nilüfer,Bursa
rceven@uludag.edu.tr, 0000-0003-3283-4117

ÖZET

Dijital dönüşüm çağında, tekstil ve moda sektörü, yapay zeka (YZ) teknolojilerinin hızla benimsenmesiyle önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Yapay zeka, tasarım süreçlerinden tedarik zinciri yönetimine, üretimden satış ve pazarlamaya kadar sektöre birçok alanda yenilikçi çözümler sunmaktadır. Yapay zeka tabanlı algoritmalar, tüketici verilerini analiz ederek kişiselleştirilmiş tasarımlar ve öneriler sunmakta, böylece müşteri deneyimini iyileştirmektedir. Otomasyon teknolojileriyle desteklenen üretim süreçleri, hataları minimize ederek verimliliği artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Tedarik zincirinde ise YZ, stok yönetiminde optimizasyon, lojistik süreçlerinde hızlanma ve kaynak israfını önleme gibi avantajlar sağlamaktadır. Moda sektörü, yapay zeka ile trend analizlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde yapabilmekte, sosyal medya ve diğer dijital platformlardaki verileri kullanarak yeni tasarım fikirleri geliştirmektedir. Sanal giyinme odaları ve artırılmış gerçeklik uygulamaları, tüketicilere çevrimiçi alışveriş deneyiminde gerçekçi bir ürün deneme imkânı sunmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ayrıca, yapay zeka sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağlamaktadır. Döngüsel ekonomi modellerinin benimsenmesinde, atık yönetimi ve geri dönüştürülmüş materyallerin kullanımına yönelik süreçler, YZ destekli analizlerle daha etkin bir şekilde planlanabilmektedir. Sonuç olarak, yapay zeka, tekstil ve moda sektöründe inovasyonu teşvik eden, üretkenliği artıran ve sürdürülebilirliği destekleyen bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Dijital dönüşüm süreci, bu sektörlerin rekabet gücünü artırırken, tüketicilere daha etkili ve kişiselleştirilmiş hizmetler sunulmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil ve moda , dijital dönüşüm, yapay zeka

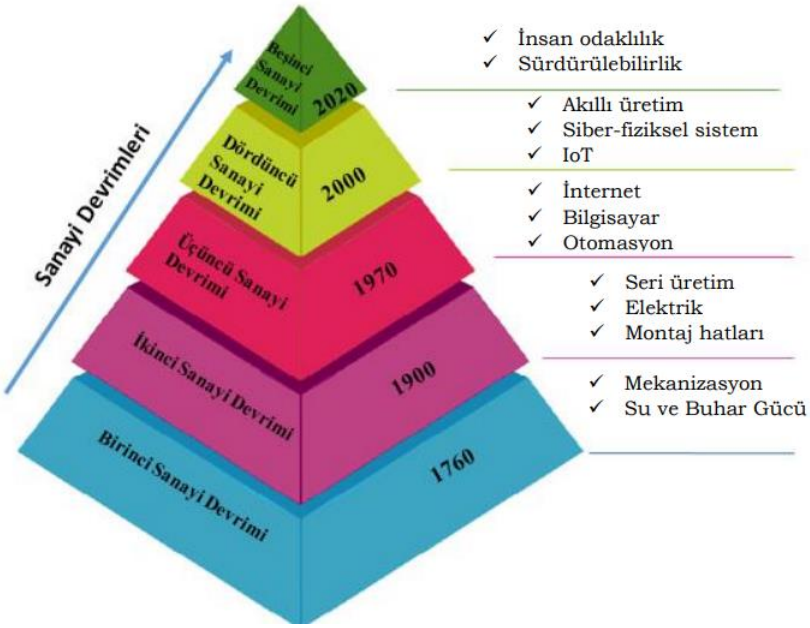
1. GİRİŞ

Devrimler, tarih boyunca toplumlar için önemli dönüm noktaları olmuştur. Bu radikal ve dönüştürücü süreçler, bir toplumun, bölgenin veya ulusun yapısında büyük değişimlere yol açarak, endüstri ve iş dünyasını yeniden şekillendiren hareketler olarak değerlendirilmektedir [1]. Özellikle sanayi devrimleri, insanlık tarihindeki en kritik kilometre taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu devrimler, genellikle bilimsel ve teknolojik paradigmaların dönüşümünü temel almakta ve insan emeğini içeren süreçlere dayanmaktadır [2]. Sanayi devrimlerinin başlangıcı, 18. yüzyılın ortalarında buhar gücünün kullanıma girmesiyle gerçekleşmiştir. Bu gelişme, tarım ve feodal toplumlardan sanayi ve kapitalist toplumlara, oradan da sanayi ve hizmet toplumlarına geçişi mümkün kılmıştır [3].

Sanayi devrimlerinin bu dönemleri, yalnızca teknolojik ilerlemeleri değil, aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve kültürel dönüşümleri de beraberinde getirerek insanlık tarihinde köklü değişimlere öncülük etmiştir. Bu devrimler, geleneksel yöntemlerin sınırlarına ulaşıldığında, düşük maliyetli ve yüksek kaliteli üretim için yeni teknolojilerin ve yöntemlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. İnsanlık tarihindeki teknolojik evrim, beş temel sanayi devrimiyle şekillenmiştir: Birinci, İkinci, Üçüncü, Dördüncü ve Beşinci Sanayi Devrimi (Görsel 1).
Birinci Sanayi Devrimi buhar gücüyle çalışan makinelerin ortaya çıkışıyla tanımlanırken, İkinci Sanayi Devrimi elektrik kullanımının yaygınlaşmasıyla öne çıkmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin ve dijital sistemlerin gelişimi ise toplumu Üçüncü Sanayi Devrimi'ne taşımıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0), siber-fiziksel sistemlerin ve gerçek zamanlı teknolojilerin uygulanmasıyla tanınmaktadır. Günümüzde ise Beşinci Sanayi Devrimi'ne tanıklık edilmektedir. Bu yeni çağ, yapay zekâ, nesnelerin interneti, biyoteknoloji ve uzay

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

teknolojileri gibi hızlı gelişmelerle şekillenmekte, toplumsal, ekonomik ve teknolojik düzeylerde derin etkiler yaratma potansiyeli taşımaktadır.



Görsel 1.Sanayi Devrimlerinin gelişim süreci [4]

2. YAPAY ZEKA VE MODA ENDÜSTRİSİ

Moda sektörü, temel olarak giysi ve aksesuar üretimine dayalı bir endüstri olarak tanımlansa da, bu tanım moda ile giysi arasındaki farkları tam anlamıyla açıklamaktan uzaktır. Bir giysinin moda unsuru haline gelmesi, yalnızca tasarım ve üretim süreçlerinin sonucu değildir; bu süreç, aynı zamanda pazarlama ve satış stratejileriyle de biçimlenmektedir. Moda endüstrisi, hammaddelerin tedarik edilmesinden giysi üretimine, bu ürünlerin dağıtımından nihai tüketiciye ulaşmasına kadar uzanan karmaşık ve çok katmanlı bir tedarik zincirine sahiptir. Bu zincir, üretim, tasarım, yönetim ve iletişim sistemlerinin etkinliğiyle sürekliliğini korumaktadır. Diğer üretim sektörlerinden farklı olarak, moda endüstrisi; tasarımcılar, mağaza sahipleri, fabrika işçileri, terziler, zanaatkârlar, medya çalışanları, reklamcılar, toptancılar ve perakendeciler gibi pek çok paydaşı bir araya getiren dinamik bir yapıya sahiptir. Ayrıca, pazarlama, tanıtım, moda şovları, modelistlik, desinatörlük ve tüketiciler de bu yapının ayrılmaz parçalarıdır. Bu bağlamda, moda tasarımcılarının yalnızca giysi tasarlama yeteneğine

değil, aynı zamanda tasarımlarını değişen koşullara uyarlayabilme becerisine de sahip olmaları gerekmektedir.

Schwab (2017), yapay zekânın hayatımızı dönüştüren yeniliklerle çevremizi nasıl sardığını açıklarken, bu teknolojinin sürücüsüz araçlardan sanal asistanlara, çeviri yazılımlarından drone teknolojisine kadar geniş bir yelpazede etkili olduğunu belirtmiştir. Yapay zekâ; bilgi işlem kapasitesindeki hızlı artış ve veri erişiminin genişlemesi sayesinde, yeni ilaçların geliştirilmesinden bireylerin ilgi alanlarını tahmin eden algoritmalara kadar çeşitli alanlarda etkisini göstermektedir. Gelecekte yapay zekânın getireceği değişimlerin boyutları, günümüzün en önemli tartışma konularından biri olmaya devam etmektedir [5]. Luce (2018), *Artificial Intelligence for Fashion* adlı eserinde, yapay zekânın moda endüstrisindeki kullanımına dair çeşitli örnekler sunmuştur. Bu uygulamalar, alışveriş ve ürün keşfi, satış, tasarım ve tedarik zinciri olmak üzere dört ana başlık altında incelenmiştir. Tedarik zinciri bağlamında dikkat çeken bir örnek, Badgley-Mischka markası tarafından geliştirilen mobil uygulamadır. Bu uygulama, 2018 yılında New York Moda Haftası'nda tanıtılmış olup, yalnızca iPhone ve iPad kullanıcılarına sunulmuştur. Katılımcılar, podyumda sergilenen koleksiyonlara "beğendim (like)" veya "sevdim (love)" seçenekleriyle geri bildirimde bulunabilmiştir [6]. Bu uygulama aracılığıyla toplanan anlık veriler, markanın gelecekteki tasarım ve üretim kararlarına yön vermek amacıyla analiz edilmiştir. Bu tür uygulamalar, üretim planlamasında daha doğru bir yaklaşım benimsenmesini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda gereksiz stokların önüne geçilmesi gibi önemli avantajlar da sunmaktadır. Toplanan veriler sayesinde, trend tahmini yapılabilir, maliyetler optimize edilebilir ve sürdürülebilirlik hedeflerine daha kolay ulaşılabilir. Elaine Stone'a göre, moda sistemi dört temel düzeyde analiz edilebilir: temel pazarlar, ikincil pazarlar, dağıtım düzeyi ve yardımcı düzey. Temel pazarlar, lif, iplik ve kumaş gibi hammaddelerin üretimini kapsarken; ikincil pazarlar tasarım, koleksiyon geliştirme, giysi üretimi ve dağıtım süreçlerini içerir. Üçüncü düzey, perakende ve toptan satış alanlarını, yani butikler, mağazalar ve e-ticaret platformlarını kapsar. Yardımcı düzey ise medya ve danışmanlık gibi iletişim araçlarını içererek, tüketicilerin moda ürünlerinden haberdar olmasını sağlar [7,8]. Moda sektörünün başarısı, yalnızca bir bileşenin performansına değil, tüm bileşenlerin uyum içinde çalışmasına bağlıdır.

Özellikle teknolojik gelişmeler, moda ürünlerinin tüketiciye ulaşma biçiminde köklü değişiklikler yaratmıştır. Artırılmış gerçeklik tabanlı pazarlama uygulamaları ve çevrimiçi alışveriş imkanlarının yaygınlaşması, tüketiciye erişimi kolaylaştırmakta ve sektörde yeni fırsatlar sunmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Günümüzde yapay zekânın sanat üretip üretemeyeceği konusundaki tartışmalar devam ederken, resim yapabilen algoritmaların geliştirilmesi bu alandaki ilerlemeyi gözler önüne sermektedir. Örneğin, AARON, Google Deep Dream ve GauGAN gibi yazılımlar, görsel sanatlar alanında dikkat çeken uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu gelişmeler, moda tasarımı bağlamında da "Yapay zekâ tasarım yapabilir mi?" sorusunu gündeme taşımaktadır.

Sanatçı ve araştırmacı Robbie Barrat, yapay zekânın bir moda şovu oluşturup oluşturamayacağını test etmek amacıyla Balenciaga'nın moda gösterilerinden elde edilen verileri kullanarak bir proje geliştirmiştir. Sinir ağlarını temel alan bu proje, Balenciaga'nın tarzını öğrenip yeni bir koleksiyon yaratmayı hedeflemiştir. Sonuçlar, yapay zekânın giysi tasarımı konusunda sınırları aşamasa da, karmaşık desenler ve dokular üretme potansiyelini ortaya koymuştur. Ayrıca, sanal modeller kullanılarak yapay zekâ destekli bir moda şovu gerçekleştirilmiştir.

Moda tasarımında öne çıkan bir diğer yenilik, giyilebilir teknoloji ürünleridir. Akıllı giysi kavramı, yalnızca giyinme ihtiyacını karşılamakla kalmaz; dokunma, basınç veya ısıya duyarlı iletken kumaşlar kullanılarak tasarlanmış yeni işlevsel özellikler de sunar. Bu alandaki örneklerden biri, Google ve Levi's iş birliğiyle üretilen "Levi's Commuter Trucker Jacket" projesidir. İlk kez 2016'da tanıtılan bu ceket, 2017'de satışa sunulmuştur. Görünüşte sıradan bir ceket olan bu ürün, iletken kumaş teknolojisi sayesinde telefon, müzik çalar ve harita uygulamalarının kontrolünü kullanıcıya sunmaktadır.



Görsel 2. Levis ve Google ortaklığı ile geliştirilmiş commuter ceket, 201

Schwab'ın (2017) dijital megatrendler başlıklarına ek olarak, sanal gerçeklik, üç boyutlu (3B) tasarım ve artırılmış gerçeklik uygulamaları üzerine yapılan çalışmalara da değinmek önemlidir. Her ne kadar 3B tasarım ve simülasyon teknolojileri, 1990'lardan itibaren

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

endüstriyel tasarım, mimari ve otomotiv gibi alanlarda kullanılmaya başlanmış olsa da, moda endüstrisinde kullanımı oldukça yeni bir gelişme olarak dikkat çekmektedir. Bu teknolojilerin hem tasarım hem de tanıtım süreçlerinde giderek daha fazla fark yarattığı gözlemlenmektedir [9]. Moda tasarımında öne çıkan yazılımlardan biri olan CLO 3D, moda endüstrisinde tasarım departmanlarında giderek yaygınlaşmaktadır. İlk sürümü 2010 yılında piyasaya sürülen bu program, üç boyutlu giysi tasarımı, giysi simülasyonu, kalıp provası ve tasarımların her açıdan incelenmesi gibi olanaklar sunarak, geleneksel iki boyutlu bilgisayar destekli tasarım araçlarına kıyasla daha kapsamlı bir deneyim sağlamaktadır. Ayrıca, bu yazılım ile tasarlanan giysiler kullanılarak sanal defileler oluşturulabilmektedir. McQuillan (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, Balmain'in CLO 3D kullanılarak oluşturulan ve sanal süper modellerle tanıtılan Sonbahar 2018 koleksiyonu incelenmiştir (Görsel 6). Bu çalışma, 3B sanal tasarım teknolojilerinin tanıtım süreçlerindeki kullanımına önemli bir örnek teşkil etmektedir [10]



Görsel 3. Balmain SS-18 koleksiyonunda yer alan avatarlar, 2018. [10]

3. MODA TASARIMI VE YAPAY ZEKÂDA KULLANILAN ANALİZ TEKNİKLERİ

Giysi üretiminde yapay zekâ teknikleri arasında uzman sistemler, sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar, evrimsel stratejiler, yapay bağışıklık mekanizmaları ve çoklu ajan sistemleri yer almaktadır. Makine öğrenimi ve derin öğrenme alanındaki son yenilikler, yapay zekânın tasarım süreçlerine etkili bir şekilde entegre edilmesini sağlamaktadır. Özellikle derin öğrenme temelli üretken karşıt ağlar (Generative Adversarial Networks - GAN), kullanıcı tercihlerinin analizine dayanarak trend parçalar tasarlama ve mevcut görsellerden benzersiz tasarımlar oluşturma gibi işlevleriyle dikkat çekmektedir.

GAN, üretici (generator) ve ayırt edici (discriminator) olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Üretici birim, yeni görseller oluştururken, ayırt edici birim bu görselleri veri tabanındaki gerçek

görsellerle karşılaştırarak doğruluklarını değerlendirir. Bu değerlendirme sonuçları, üreticiye geri bildirim olarak iletilir. Üretici, aldığı geri bildirimi kullanarak kendini geliştirir ve her döngüde daha gerçekçi, tutarlı görseller ortaya çıkarır. Bu iteratif süreç, sistemin sürekli gelişmesini ve daha özgün sonuçlar üretmesini mümkün kılar [11-16].

4. TEKSTİL VE MODA MARKALARINDA YAPAY ZEKA KULLANIMINA ÖRNEKLER

Giysi sektöründe yapay zekâ, farklı tekniklerin tasarım süreçlerine entegre edilmesiyle önemli bir yer edinmiştir. Bu süreçte kullanılan başlıca yapay zekâ yöntemleri; uzman sistemler, sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar, evrimsel stratejiler, yapay bağışıklık sistemleri ve çoklu ajan sistemlerini kapsamaktadır [11]. Makine öğrenimi ve derin öğrenme teknolojilerindeki gelişmeler, yapay zekânın moda tasarımı süreçlerine daha kolay entegre edilmesini sağlamıştır [12]. Özellikle üretken karşıt ağlar (Generative Adversarial Networks - GAN), kullanıcı tercihlerini analiz ederek benzersiz tasarımlar oluşturmak ve mevcut görsellerden yeni, özgün ürünler tasarlamak için önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır [13-16]. Moda sektöründe yapay zekâ kullanımıyla ilgili başarılı projelere örnek olarak Tommy Hilfiger, IBM ve New York Moda Teknolojileri Enstitüsü'nün ortak çalışması gösterilebilir. Bu iş birliğinde, Tommy Hilfiger'in arşivindeki 15.000 tasarım görseli yapay zekâ sistemine yüklenmiş ve öğrenciler bu verileri yeni tasarımlar geliştirmek için kullanmıştır. Benzer şekilde, Jason Grech ve IBM Watson iş birliğiyle bir haute couture koleksiyonu hazırlanmıştır (AI for Fashion, t.y.) [17]. Robbie Barrat ise 2018 yılında Balenciaga'nın tüm görsel arşivini ve defile kayıtlarını yapay zekâya tanıtarak tamamen yeni bir koleksiyon ortaya koymuştur (Schwab, 2018). Diğer bir örnek, Sarah McBride'ın, Google Quick Draw adlı bir video oyununda kullanıcıların yaptığı çizimlerden esinlenerek t-shirt baskıları tasarlamasıdır [18].

Finlandiya'dan moda tasarımcısı Matti Liimatainen, Aalto Üniversitesi'nde algoritmik tasarım üzerine araştırmalar yürütmektedir. Liimatainen, birleştirilmeye hazır giysi kitleri geliştirmeye odaklanırken, insan müdahalesine gerek kalmadan çalışan bir sistem oluşturmayı hedeflemektedir. Ayrıca, bu sistemin sezgisel bir yaklaşımla içgüdüsel kararlar alabilmesi üzerinde çalışmaktadır [19].

Kotouza ve çalışma arkadaşları, 16. IFIP WG 12.5 Uluslararası Konferansı'nda, yapay zekâ destekli bir moda tasarım asistanının işleyişini tanıtmıştır. Bu sistem, önceki koleksiyonlardan ve tasarımcıların takip ettiği dijital platformlardan veri toplayarak işlemektedir. Kıyafetlerin yaka tipi, boyu ve kesimi gibi özellikleri analiz edilmekte, ardından eş anlamlılar ve zıt

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

anlamlılarla zenginleştirilmiş bilgilerle sonuçlar sunulmaktadır. Sistem, kullanıcıların arama kriterlerine göre bu verileri gruplandırmakta ve tasarımcılardan aldığı geri bildirimlerle kendini sürekli olarak geliştirmektedir [20]. Yapay zekâ yalnızca tasarım süreçlerini destekleyen bir araç olmakla kalmayıp, müşteri geri bildirimlerini hızlı bir şekilde toplamak ve değerlendirmek için de kullanılmaktadır. Örneğin, Badgey-Mischka markası, New York Moda Haftası sırasında izleyicilerin tasarımları puanlayabileceği bir mobil uygulama geliştirmiştir [21]. 2016 yılında Marchesa, IBM Watson ile bir iş birliği yaparak Karolina Kurkova'nın Met Gala'da giydiği elbisenin rengini, Twitter kullanıcılarından alınan yorumlara göre değiştirmiş ve izleyicilere etkileşimli bir deneyim sunmuştur [22].



Görsel 3. Marchesa & IBM iş birliği [23]

Fabricant, Gucci, DressX, Carlings ve Hot Second gibi markalar, dijital dünyanın ve avatar kullanımının ön plana çıktığı bir çağda, moda sektörüne yenilikçi bir perspektif kazandırarak sanal kıyafet tasarımları geliştirmektedir. The Fabricant, dünyanın ilk dijital moda evi olarak yalnızca avatarlar ve sanal platformlar için tasarımlar üretmekte ve aynı zamanda Tommy Hilfiger'ın Amsterdam'daki ofisinin dijital dönüşüm sürecine önemli katkılarda bulunmuştur [24]. Markanın kurucularından Amber Slooten, Paris Moda Haftası'nda tüm görselleri derleyerek, bu içeriklerden ilham alan tamamen dijital bir proje hazırlamış ve bunu defile sırasında sergilemiştir. Slooten, dijital geleceğin, farklı bölgelerde yaşayan bireylere eşit olanaklar sunarak fikirlerini hayata geçirme ve tasarımlarını dünyaya tanıtma fırsatı

sağlayacağına inanmaktadır. Bu vizyonunu şu sözlerle ifade etmektedir: "Dakar'daki bir çocuk, Paris'teki bir çocukla aynı fırsatlara sahip olabilir" [24-26].

5. COVİD 19 PANDEMİSİNİN MODADA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR VE YAPAY ZEKA KULLANIM ÜZERİNE ETKİLERİ

Sürdürülebilirlik; çevresel, ekonomik ve sosyal yönleri olan bir kavram olarak tanımlanmakta ve günümüzde kalkınmayı etkileyen küresel ve yerel ölçekte ekolojik, ekonomik ve politik boyutlarıyla dikkat çekmektedir. Moda sektörü ise, değişim ve sürekli tüketim anlayışını teşvik eden yapısıyla bu kavrama çoğu zaman ters düşmektedir. Örneğin, Pure Earth raporlarına göre moda endüstrisi, çevreyi kirleten sektörler arasında petrol ve ambalajlama endüstrisinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır [27]. Hazır giyim sektörü her yıl yaklaşık 2 milyon ton atık, 2.1 milyon ton karbon salınımı ve 70 milyon ton su tüketimiyle önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır [28]. Moda endüstrisinin çevreye olan zararları arasında enerji, hammadde ve su tüketiminin yanı sıra aşırı tüketim anlayışı, kullan-at kültürünün yaygınlaşması ve eski kıyafetlerin atık sahalarında birikmesi gibi sorunlar bulunmaktadır. Ayrıca, tekstil makinelerinin neden olduğu gürültü kirliliği ve hayvan bazlı liflerin üretiminde hayvan hakları ihlalleri gibi unsurlar, ekolojik dengenin bozulduğunu göstermektedir. Moda sektörü yalnızca çevresel etkileriyle değil, aynı zamanda sosyal sürdürülebilirlik açısından da olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Sanayileşmenin etkisiyle insani değerlerin zayıflaması, bu sorunların başında gelmektedir. Özellikle Asya'daki (Çin, Bangladeş, Vietnam ve Hindistan gibi) düşük maliyetli iş gücünün kullanılması, hem hızlı moda hem de lüks moda markalarının kâr marjını artırırken, çalışanların yaşam standartlarını iyileştirememiştir. Ayda 40 doların altında gelir elde eden, genellikle 12 yaşından itibaren ağır koşullarda çalışmak zorunda kalan işçiler bu sistemin mağdurları arasında yer almaktadır [29]. Bu durumun en dramatik örneklerinden biri, 24 Nisan 2013'te Bangladeş'te meydana gelen ve 1100 kişinin hayatını kaybettiği Rana Plaza faciasıdır. Bu trajedi, hazır giyim sektöründe değişim ihtiyacını ortaya koymuş ve tüketicilerde sosyal sorumluluk, etik değerler ve insan hakları konularında farkındalık yaratmıştır [30]. Covid-19 pandemisinin sektörler ve tüketici davranışları üzerindeki etkileri henüz tam olarak değerlendirilememiştir. Ancak Hollandalı trend analisti Li Edelkoort, pandeminin yalnızca günlük yaşamın hızını değil, aynı zamanda tüketim alışkanlıklarını da yavaşlatacağını belirtmiş ve bu durumu "tüketim karantinası" olarak tanımlamıştır [31].

Pandeminin moda sektöründeki değişimleri üç ana başlık altında toplanabilir:

1. Sürdürülebilirlik bilincinin artışı,
2. Koleksiyon sayılarının ve moda haftalarının sorgulanması,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. Dijital araçların üretim ve pazarlamada daha etkin hale gelmesi.

Pandemi sürecinde evlerin çalışma alanlarına dönüşmesi ve dış mekân etkinliklerinin kısıtlanması, tüketicilerin tüketim alışkanlıklarını gözden geçirmelerine neden olmuştur. Harcamalardaki azalma, moda sektörünü ciddi şekilde etkilemiş, tüketiciler daha çevre dostu ve yavaş moda anlayışına yönelmiştir. Bu dönemde, tüketiciler yalnızca kıyafetlerin görünümüne değil, üretim süreçlerine ve kullanılan malzemelere de önem vermeye başlamıştır. Stokların birikmesi, koleksiyon çıkarma sıklığının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Birçok marka, hızlı moda kapsamında yılda 6-8 koleksiyon çıkarma politikasını sonlandırarak daha az ancak daha etkili koleksiyonlar sunma kararı almıştır. Örneğin, Levi's, tüketicileri daha az ancak kaliteli ürünler almaya teşvik eden kampanyalar düzenlerken, H&M geri dönüştürülmüş ve sürdürülebilir materyallerden üretilen koleksiyonlarını öne çıkarmıştır.

Moda sektöründe dijitalleşme, üretim, tasarım, tedarik ve satış süreçlerini etkileyerek önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. CAD-CAM sistemleri gibi teknolojiler sayesinde üretim süreçlerinde hız ve verimlilik artarken, sıfır atık prensibine uygun kalıp kesim sistemleri de sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamaktadır.

Sanal mağazacılık, tüketicilere beden ölçülerine uygun kişiselleştirilmiş tasarımlar sunarak yeni bir deneyim sunmaktadır. Ayrıca, CAD yazılımları ile geliştirilen 3D dijital kıyafetlerin satıldığı "dijital moda" sektörü hızla büyümektedir. CLO3D ve Marvelous Designer gibi yazılımlar, fiziksel üretim gerektirmeyen tasarımlar oluşturularak tüketicilere dijital ortamda sunulmasını sağlamaktadır.

2019 yılında Kerry Murphy tarafından Hollanda'da kurulan "The Fabricant," dünyanın ilk dijital moda evi olarak bu alanda öncü bir rol üstlenmiştir. The Fabricant, tüketiciler için tamamen 3D tasarımlar sunmakta ve bu sayede defile, stüdyo veya fiziksel örnek gibi maliyetleri ortadan kaldırarak hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından yeni bir yaklaşım sunmaktadır [32].



Görsel 4. The Fabricant" 3D örneği [32]

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

6. YAPAY ZEKA VE TREND TAHMİNİ

Moda tasarımında doğru trend tahminleri oldukça önemlidir; yanlış yapılan öngörüler, hem kurumlar hem de çalışanlar açısından ciddi mali kayıplara neden olabilir. IBM tarafından geliştirilen Watsons yapay zekâ teknolojisi, tasarımcıların araştırma süreçlerini hızlandırarak geçmişteki binlerce görseli analiz etmekte ve bu verileri tasarımcıların kullanımına sunmaktadır . Örneğin, Falguni & Shane Peacock, 2017 yılında Watsons'u kullanarak Bollywood temalı bir koleksiyon oluşturmuş, bu süreçte 600.000 defile görselini tarayarak 5.000 stil ve 100.000 desen seçeneğini analiz etmiştir [33]. Benzer şekilde, Eleks Lab, yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla perakendecilere çeşitli trend tahmin hizmetleri sağlamaktadır. H&M ise 2019 yılında, satılmayan ürünler nedeniyle yaşanan 4 milyar dolarlık zararı azaltmak için yapay zekâ tabanlı veri analitiği uygulamalarına yönelmiş ve bu süreçte veri uzmanı Christopher Wylie ile çalışmıştır [34].

Trend tahmini için kullanılan bir diğer araç olan Edited yapay zekâ sistemi, WGSN gibi popüler trend tahmin platformlarına benzer öngörüler sunmasına rağmen, giysi detaylarıyla ilgili kesin sonuçlar vermekte yeterince başarılı olamamaktadır. DuBreuil ve Lu'nun yaptığı bir çalışma, yapay zekâ sistemlerinin zamansız ve klasik parçalar için daha tutarlı tahminler sunduğunu ancak sosyal ve kültürel değişimlere adapte olmakta zorlandığını ortaya koymuştur [35]. Getman ve arkadaşlarının (2021) gerçekleştirdiği bir başka çalışma ise makine öğrenimi ve bilgisayarla görme tekniklerini kullanarak, moda trendlerinin coğrafi, sosyal, politik ve kültürel etkilerle nasıl şekillendiğini incelemiştir. Çalışma, Vogue runway görselleri ve sokak modası fotoğraflarını analiz ederek, 2016-2017 yıllarında popülerleşen beyzbol şapka trendinin, Donald Trump'ın başkanlık kampanyası ile spor giyim tarzının yükselişi arasında bir bağlantı olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, politik ve sosyal olayların moda trendleri üzerindeki etkisini açıkça gözler önüne sermektedir [36].

7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Günümüzde tekstil ve moda markaları, rekabet avantajı elde etmek için yapay zekâ teknolojilerini tasarım süreçlerinde sıkça kullanmaktadır. Yapay zekâ, tasarımcıların verimliliğini artırarak araştırma ve koleksiyon hazırlama süreçlerini kolaylaştırmakta, renk, kumaş, desen gibi unsurlar konusunda tasarımcılara destek sağlamaktadır. Ancak, yapay zekâ

kullanımı, tasarımcının bilgi birikimi, estetik anlayışı ve vizyonuyla ile de doğrudan ilişkilidir. Yapay zekânın tasarım süreçlerinde yer alması, bir nevi insan zekâsının ve estetik anlayışının taklit edilmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ teknolojileri, tasarımcıların vazgeçilmez araçlarından biri hâline gelmiştir. Yapay zekâ, doğru ve sorumlu kullanıldığında tasarımcılara zaman kazandırarak yaratıcılıklarına odaklanmalarını sağlamakta ve süreçte daha hızlı sonuçlar almalarına imkân tanımaktadır. Tarihsel olarak teknolojik yenilikler, başlangıçta mesafeli karşılanmış olsa da, toplumsal gelişime katkı sağlamış ve yeni iş kolları oluşturmuştur. Günümüzde de teknolojiyi yöneten insan kaynağına olan ihtiyaç devam etmekte, bu durum yapay zekâ kullanımında da geçerliliğini korumaktadır.

KAYNAKÇA

1. Groumpos, P. P. (2021). A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions. IFAC-PapersOnLine, 54(13), 464-471

2. Pinheiro, P., Putnik, G. D., Castro, A., Castro, H., Dal, B. F. R., & Romero, F. (2019). Industry 4.0 and industrial revolutions: An assessment based on complexity. FME Transactions, 47(4), 831-840

3. Prisecaru, P. (2016). Challenges of he fourth industrial revolution. Knowledge Horizons. Economics, 8(1), 57.

4. Kılıç, R. (2023). Sanayi Devrimlerinin Serüveni: Endüstri 1.0'dan Endüstri 5.0'a. Takvim-i Vekayi, 11(2), 276-291.

5. Schwab, K., Samans, R., Zahidi, S., Leopold, T. A., Ratcheva, V., Hausmann, R., & Tyson, L. D. (2017, November). The global gender gap report 2017. World Economic Forum.

6. Luce, L. (2018). *Artificial intelligence for fashion: How AI is revolutionizing the fashion industry*. Apress.

7. Kaplan, K. ve Ertürk, E., (2012). Dijital Çağ ve Bireyin İdeolojik Aygıtları. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC. October 2012 2-4

8. Kipöz, Ş.(2013). Moda Tasarım (Edt. F. Curaoğlu). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3014

9.Schwab, K. (2017), The Fourth Industrial Revolution, Penguin Books Ltd

10.McQuillan, H. (2020). Digital 3D design as a tool for augmenting zero-waste fashion design practice. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 13(1), 89-100.

11.Nayak, R., & Padhye, R. (2018). Artificial intelligence and its application in the apparel industry. In Automation in Garment Manufacturing (pp. 109-138). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101211-6.00005-7

12. Yüksel, N., Börklü, H. R., Sezer, H. K., & Canyurt, O. E. (2023). Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 118, 105697. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105697

13.Kang, W. C., Fang, C., Wang, Z., & McAuley, J. (2017, 18-21 Kasım). Visually-aware fashion recommendation and design with generative image models [conference presentation abstract]. IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), 207–216. https://doi.org/10.1109/ICDM.2017.30

14.Singh, M., Bajpai, U., V, V., & Prasath, S. (2020). Generation of fashionable clothes using generative adversarial networks: A preliminary feasibility study. International Journal of Clothing Science and Technology, 32(2), 177–187. https://doi.org/10.1108/IJCST12-2018-0148

15. Brownlee, J. (2019, 12 Temmuz). 18 impressive applications of generative adversarial networks (GANs). Machine Learning Mastery. https://machinelearningmastery.com/impressive-applications-of-generativeadversarial-networks/.

16. Bayram, A. (2021, 15 Ocak). Generative adversarial networks (gan) nedir? Medium. https://alper-bayram.medium.com/generati%CC%87ve-adversari%CC%87alnetworks-gan-nedir-f4ae346e679a
17. Arthur, R. (2018, 15 Ocak). Artificial intelligence empowers designers In IBM, Tommy Hilfiger and FIT collaboration. Forbes. https://www.forbes.com/sites/rachelarthur/2018/01/15/ai-ibm tommyhilfiger/?sh=5efe4a3878ac
18. Pardes, A. (2019, 11 Temmuz). AI's latest job? Designing cool t-shirts. Wired. https://www.wired.com/story/artificial-intelligence-in-fashion-design/
19. Särmäkari, N., & Vänskä, A. (2022). 'Just hit a button!'–fashion 4.0 designers as cyborgs, experimenting and designing with generative algorithms. International Journal

of Fashion Design, Technology and Education, 15(2), 211–220. https://doi.org/10.1080/17543266.2021.1991005

20. Kotouza, M. T., Tsarouchis, S. F., Kyprianidis, A. C., Chrysopoulos, A. C., & Mitkas, P. A. (2020, 5-7 Temmuz). Towards fashion recommendation: An AI system for clothing data retrieval and analysis. Artificial intelligence applications and innovations [conference presentation abstract].16th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2020, Neos Marmaras, Greece, Proceedings, Part II 16, (433-444). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49186-4_36.
21. Stolyar, B. (2018, 14 Şubat 14). At N.Y. fashion week, Badgley Mischka let audience vote on designs with an app. Digitaltrends. https://www.digitaltrends.com/mobile/badgleymischka-runway-app-new-york-fashion-week/.
22. Stinson, L. (2016, 3 Mayıs). IBM's Watson helped design Karolina Kurkova's light-up dress for the Met Gala. Wired. https://www.wired.com/2016/05/ibms-watson-helped-designkarolina-kurkovas-light-dress-met-gala/
23. The Cutt, IBM (t.y.). A look inside Marchesa. The Cutt. https://www.thecut.com/2016/04/metgala-dress-designed-by-marchesa-ibm-watson-c-v-r.html adresinden 23 Ocak 2024 adresinden alınmıştır.
24. I amsterdam (2023, 19 Eylül). The Fabricant: the worlds first digital fashion house. https://www.iamsterdam.com/en/business/key-sectors-forbusiness/creative/stories/the-fabricant
25. Fairs, M. (2021, 3 Kasım). “In this future, a kid in Dakar stands as much chance as a kid in Paris” says Amber Slooten. Dezeen. http://www.dezeen.com/2021/11/03/amberslooten-the-fabricant-fashion-manifesto-dezeen-15/
26. Crook, L. (2021, 3 Kasım). Amber Slooten reveals her vision for a more inclusive fashion industry. Deezen. https://www.dezeen.com/2021/11/03/dezeen-15-interview-amberslooten-the-fabricant-talk/
27. Pureearth annual Reports, https://www.pureearth.org/about-us/annual-reports/, 05.06.2021
28. Mangır A. F. “Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yavaş ve Hızlı Moda”. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi 19 (41.Yıl Özel Sayısı): 143-154, 2016

29. Metlioğlu H., Yılmaz H, Yılmaz H. “Covid 19 Sürecinde Moda Tasarımında Sürdürülebilirlik Yaklaşımları”. idil, 88 (2021 Aralık): s. 1747–1757. doi: 10.7816/idil-10-88-04.
30. Metlioğlu, H., Yakın, V. “Tekstilde Sürdürülebilirlik: Hızlı Moda Markalarının Sürdürülebilirlik Stratejileri”, Uluslararası Toplum araştırmaları Dergisi, 18 (Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı):1883-1908, 2021
31. Atalan, A. “Gelecek Arkeoloğu-Li Edelkort”, Vogue, Şubat, 112, 2021.
32. URL2. “The Fabricant” 3D örneği, https://www.thefabricant.com/, 14.06.2021
33. Peacock, S., F. (2012, 12 Temmuz). IBM Watson: The future of Bollywood fashion is cognitive. IBM. https://admin02.prod.blogs.cis.ibm.net/blogs/think/2017/07/42019/
34. Harper, L. (2019, 31 Ocak). Whistleblower Christopher Wylie joins fashion retailer H&M. The Guardian. https://www.theguardian.com/fashion/2019/jan/31/whistleblowerchristopher-wylie-joins-fashion-retailer-h-m
35. DuBreuil, M., & Lu, S. (2020). Traditional vs. big-data fashion trend forecasting: an examination using WGSN and EDITED. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 13(1), 68–77. https://doi.org/10.1080/17543266.2020.1732482
36. Getman, R. R., Green, D. N., Bala, K., Mall, U., Rawat, N., Appasamy, S., & Hariharan, B. (2021). Machine learning (ML) for tracking fashion trends: Documenting the frequency of the baseball cap on social media and the runway. Clothing and Textiles Research Journal, 39(4), 281–296. https://doi.org/ 10.1177/0887302X20931195

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MODAL KUMAŞ ÜRETİMİNDE FİBRİLASYON VE YAĞ SÖKME İŞLEMLERİNİN ENTEGRE EDİLMESİYLE SÜREÇ OPTİMİZASYONU

Zeynep ATLAS
Barutçu Tekstil Ar-Ge Merkezi
zeynepatlas@barutcu.com.tr - 0000-0002-5296-9927

Aslınur KAYGISIZ
Barutçu Tekstil Ar-Ge Merkezi
aslikaygisiz@barutcu.com.tr

Aliye AKARSU ÖZENÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü
aakarsu@uludag.edu.tr- 0000-0001-5603-5913

Prof. Dr. Semiha EREN
Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü
semihaeren@uludag.edu.tr- 0000-0002-2326-686X

ÖZET

Modal kumaş üretiminde, kumaş yüzey özelliklerini değiştirerek farklı bir estetik ve dokusal efekt katmak amacıyla fibrilasyon işlemi uygulanmaktadır. Fakat, geleneksel süreçlerde fibrilasyon ve yağ sökme işlemleri ayrı banyolarda gerçekleştirilmekte, bu da üretim sürecinin uzamasına ve maliyetlerin artmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu sorunları çözmek ve üretim sürecini optimize etmek amacıyla, asidik yağ sökücü kimyasalların fibrilasyon işlemiyle birleştirildiği yenilikçi bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Ar-Ge çalışmalarıyla mevcut yağ sökücülerden daha etkili yeni bir ürün geliştirilmiş, farklı zamanlarda hazırlanan kimyasal için uygunluk testleri gerçekleştirilmiştir. Bu ürün, fibrilasyon işlemiyle entegre edilerek tek banyoda gerçekleştirilebilen bir süreç oluşturulmuştur. Bu sayede, üretim süreçleri sadeleşmiş, işlem adımları azalırken zaman ve maliyet avantajı sağlanmıştır. Yeni yöntemin uygulanmasıyla, su tüketiminde %3, doğalgaz ve elektrik tüketiminde ise %30 oranında tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca, entegre işlem sonucu elde edilen kumaşların tuşelerini etkilemiş ve daha yumuşak bir doku elde edilmiştir.. Bu yenilikçi yaklaşım, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sunarak tekstil sektöründe fark yaratmaktadır. Çalışma sonuçları, modal kumaş üretim süreçlerini daha verimli, çevre dostu ve maliyet etkin bir hale getirmektedir.

Anahtar Kelimeler : Modal kumaş, fibrilasyon, yağ sökme, süreç optimizasyonu

1. GİRİŞ

Tekstil üretim süreçleri verimliliği artırmak, çevresel etkiyi azaltmak ve kumaş kalitesini geliştirmek için sürekli olarak gelişmektedir [1]. Bu süreçler arasında, modal kumaşların yüzey özelliklerini değiştirme yöntemi olan fibrilasyon, benzersiz dokular ve efektler elde etmede

önemli bir rol oynar [2]. Kayın ağacı selülozundan elde edilen biyobazlı bir lif olan modal, yumuşaklığı, dayanıklılığı ve tüylenmeye ve büzülmeye karşı direnci nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir [3-5]. Modal liflerinin yüzeyindeki fibril oluşumu, kumaşın estetik ve mekanik özelliklerini etkilerken, üretim sırasında kullanılan yağların liflerden etkili bir şekilde uzaklaştırılması da kumaş kalitesini doğrudan belirleyen kritik bir adımdır [6]. Ancak, yağ sökme işlemlerinden ayrı banyolarda gerçekleştirilen geleneksel fibrilasyon işlemleri zaman alıcı ve maliyetlidir.

Bu zorlukları ele almak için, bu çalışma, yeni geliştirilen asidik yağ sökme maddeleri kullanılarak fibrilasyonu ve yağ sökmeyi tek bir banyoda birleştiren yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu birleşik süreç, üretim adımlarını azaltır, su ve enerji tüketimini en aza indirir ve üretim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Çalışma sonucunda entegre süreç, benzersiz dokular ve efektler sunan, iyileştirilmiş fiziksel ve estetik özelliklere sahip kumaşlarla sonuçlanmıştır. Bu sürdürülebilir yaklaşım yalnızca üretim iş akışını optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda çevresel hedeflerle de uyumludur ve tekstil endüstrisinde rekabet avantajı sunmaktadır. Kaynak kullanımını azaltarak ve kumaş kalitesini artırarak, bu çalışma yenilikçi kimyasal çözümlerin tekstil üretiminde ilerlemeleri yönlendirme potansiyelini göstermektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Bu çalışma %87 Modal/%13 Poliester içerikli dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Kullanılan yağ sökücü kimyasalın geliştirilmesi için su, alkol, etoksile, köpük kesici ve koruyucu maddeler yer almış ve çeşitli kalite testlerinden geçirilmiştir. Boyama ve bitim işlemleri için Then marka hava jetli boya makinesi kullanılmıştır.

2.2. Metot

Araştırmada, fibrilasyon ve yağ sökme işlemlerinin tek bir banyoda entegre edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, mevcut süreçlerde kullanılan yağ sökücü yerine, osmoz suyu ile çeşitli oranlarda karıştırılarak hazırlanan yeni bir kimyasal geliştirilmiştir. Bu kimyasalın pH, refraktometre ve katı madde değerleri gibi kalite parametreleri belirlenmiş ve farklı zaman aralıklarında bu parametrelerin uygunluğu test edilmiştir. Geliştirilen kimyasal, entegre boyama süreci için optimize edilmiş ve Then marka hava jetli boya makinesi kullanılarak entegre fibrilasyon ve yağ sökme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ardından kumaşlar boyama işlemine tabi tutulmuştur (Poliester için 130 ^{o}C'de 20 dakika boyama; modal için 60 ^{o}C'de 60 dakika boyama).

Kumaşların fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmek amacıyla çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, kumaşların dayanıklılığını belirlemek için TS EN ISO 13934-1 standardına göre kopma mukavemeti testi yapılmıştır. Kumaşların renk stabilitesini belirlemek için ise TS EN ISO 105 C06 standardına uygun olarak yıkama haslığı testi uygulanmıştır.

Ayrıca, terleme ile temas eden kumaşların renk dayanıklılığını ölçmek amacıyla TS EN ISO 105 E04 standardına göre ter haslığı testi, suya maruz kalma durumundaki renk değişimlerini değerlendirmek için TS EN ISO 105 E01 standardına uygun olarak su haslığı testi gerçekleştirilmiştir. Kumaşların sürtünmeye karşı dayanıklılığı ise hem kuru hem de ıslak koşullarda sırasıyla TS EN ISO 105 X12 ve TS EN ISO 105 X18 standartlarına göre yapılan

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kuru sürtme ve ıslak sürtme testleri ile ölçülmüştür. Tek banyoda yapılan işlem iki banyoda yapılan işlem ile karşılaştırılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Haslık sonuçlarının değerlendirilmesi

Çizelge 1'de numunelere ait haslık sonuçları yer almaktadır. Çift banyoda yapılan işlem ve tek banyoda yapılan işlem arasındaki yıkama, su, asidik ter ve alkalik ter haslık sonuçları, neredeyse eşdeğer olup genellikle 4 veya 4/5 seviyesinde yer almıştır. Bu, her iki kumaşın da yıkama sonrasında renklerini büyük ölçüde koruduğunu göstermektedir. Numunelerin asidik ter haslıklarına bakıldığında çift banyoda yapılan işlem ve tek banyoda yapılan işlemlerin, 4/5 puan alarak, bu kumaşların asidik etkilere karşı oldukça dayanıklı olduğunu ve renk veya yapı kaybının minimal düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Alkali ter haslıkları değerlendirildiğinde çift banyoda yapılan işlem ve tek banyoda yapılan işlemlerin her ikisi de 4/5 puan alarak, kumaşların bazik etkilere karşı da yüksek dayanıklılık gösterdiğini ve renklerin bozulma riskinin düşük olduğunu ifade etmektedir. Kuru sürtme testinde her iki kumaş da 4 veya 4/5 puan almıştır, bu da kumaşların kuru sürtünmelere karşı oldukça dayanıklı olduğunu ve renk transferinin minimal olduğunu gösterir. Bu sonuç, kumaşların günlük kullanıma uygun olduğunu ve renklerinin kolayca solmayacağını veya yayılmayacağını göstermektedir. Islak sürtme testinde çift banyoda yapılan işlem için 3 puan verilmiştir, bu da kumaşın ıslak sürtünmelere karşı orta derecede dayanıklı olduğunu ve renk transferi veya aşınma olasılığının bulunduğunu ifade etmektedir. Tek banyoda yapılan işlem için ise 4/5 puan elde edilmiştir, bu da kumaşın ıslak sürtünmelere karşı yüksek derecede dayanıklı olduğunu ve renk transferinin minimal olduğunu göstermektedir. Bu farklılık, boyama aşamasındaki proses farklılıklarından kaynaklanabilir. Özellikle, tek banyoda yapılan işlemde entegre fibrilasyon ve yeni geliştirilen yağ sökücünün kullanılması, fiziksel test sonuçlarının yüksek olmasını sağlamış ve boyanın kumaş liflerine bağlanma şekli üzerinde olumlu bir etki yaratmıştır. Bu durum, entegre prosesin etkinliğini artırarak kumaşın genel dayanıklılığını ve renk kalıcılığını güçlendirdiğini göstermektedir.

Çizelge 1. Haslık Sonuçları

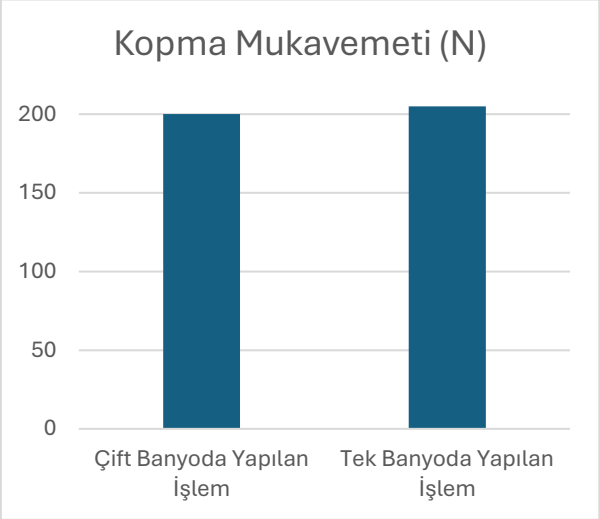
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
Çift Banyoda Yapılan İşlem	Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Su	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
	Ter (Asit)	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
	Ter (Alkali)	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
	Kuru Sürtme	4					
	Islak Sürtme	3					
Tek Banyoda Yapılan İşlem	Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Su	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
	Ter (Asit)	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
	Ter (Alkali)	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Kuru Sürtme	4/5
	Islak Sürtme	4/5

3.2. Kopma mukavemeti sonuçlarının incelenmesi

Görsel 1'de numunelere ait kopma mukavemeti sonuçları sunulmuştur. Buna göre numunelerin kopma dayanımı arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Her iki kumaşta benzer dayanım özellikleri sergilemiştir.



Görsel 1. Numunelere ait kopma mukavemeti sonuçları

3.3. Aşınma direnci sonuçlarının incelenmesi

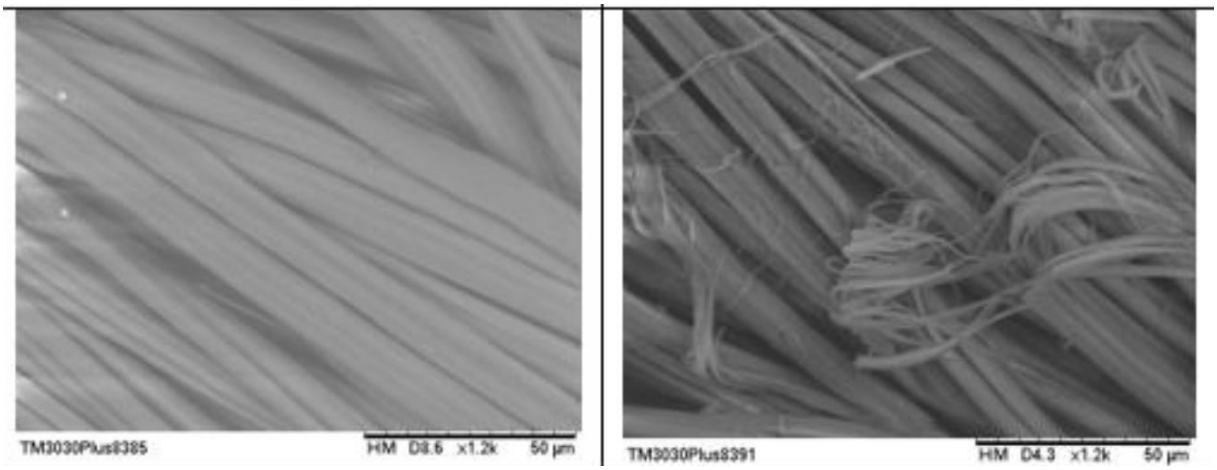
	Aşınma direnci
Çift Banyoda Yapılan İşlem	2/3
Tek Banyoda Yapılan İşlem	4/5

Martindale pilling testi, kumaşın sürtünmeye karşı dayanıklılığını ve boncuklanma (pilling) eğilimini değerlendiren bir testtir. Çift banyoda yapılan işlem için kumaş, 2/3 puan alarak pilling açısından gereksinimlerin altında kalmıştır ve bu durum, kumaşın daha fazla aşınma ve boncuklanma riski taşıdığını göstermektedir. Öte yandan, tek banyoda yapılan işlem için kumaş 4/5 puan almış ve pilling açısından yüksek dayanıklılığa sahip olduğu, gereksinimleri karşıladığı belirlenmiştir. Bu sonuç, kumaşın sürtünmelere karşı daha iyi performans gösterdiğini ve estetik açıdan daha uzun süre dayanarak daha uzun ömürlü olduğunu ortaya koymaktadır. Kumaşlardaki pilling değerlerinde görülen bu farklılıklar, boyama aşamasında kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanıyor olabilir. Özellikle, tek banyoda yapılan işlemde entegre fibrilasyon ve geliştirilen yağ sökücünün kullanılması, kumaşın dayanıklılığını artırmış ve pilling eğilimini azaltmıştır. Bu durum, entegre işlemin kumaşın genel dayanıklılığı ve performansı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

3.4. SEM analizi sonuçları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Numunelere ait SEM görüntüleri Görsel 2'de sunulmuştur. Tek banyoda işlem gören kumaşın liflerinde fibrilasyon etkisi oldukça yüksek düzeydedir. Bu entegre fibrilasyon işlemi sonucunda, modal liflerinden yüzeye çıkan fibrillerin sayısı ve uzunluğu kayda değer ölçüde artmıştır. Bu durum, tek banyoda işlem gören kumaşın fibrilasyon seviyesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu etki kumaşın tuşesine de yansımış ve daha yumuşak, sofistike bir doku elde edilmesine olanak sağlamıştır.



Görsel 2. Numunelere ait SEM görüntüleri (sol: Çift banyoda işlem gören kumaş, sağ: Tek banyoda işlem gören kumaş)

3.5. Maliyet analizi sonuçları

Bu çalışmada entegre fibrilasyon ve yağ sökme sürecinin ekonomik etkileri de değerlendirilmiştir. Tek bir banyoda iki işlemin gerçekleştirilmesi, geleneksel çift banyo yöntemine göre hem maliyet hem de üretim süresi açısından avantajlar sağlamaktadır. Tek banyoda gerçekleştirilen süreç, su, enerji (doğalgaz ve elektrik) tüketimi bakımından daha düşük maliyetlere sahiptir. Aşağıda, 1000 metre kumaş için maliyet kalemleri ayrıntılı olarak Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Maliyet analizi

Maliyet Kalemi	Birim Fiyat (TL)	Çift Banyoda Yapılan İşlem (TL)	Tek Banyoda Yapılan İşlem (TL)
Su Tüketimi (L/metre)	3,53 TL/lt	20.297,50	19.717,40
Doğalgaz Tüketimi (kWh/metre)	0,91 TL/kWh	2.620,80	2.018,38
Elektrik Tüketimi (kWh/metre)	2,51 TL/kWh	1.092,85	841,85
Toplam Maliyet (TL)		**24.011,15**	**22.577,63**

1000 metre kumaş için tek banyoda işlem gören kumaş, çift banyoda işlem gören kumaşa göre toplamda 1.433,52 TL daha düşük maliyetlidir. Entegre süreç, üretim süresinde %23 oranında

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bir kısalma sağlamaktadır. Bu, fabrikanın yıllık üretim kapasitesinin artırılmasını mümkün kılmakta ve daha fazla üretim yapılmasına olanak tanımaktadır. Süreçlerin optimize edilmesi, iş gücü verimliliğini artırmakta ve aynı iş gücüyle daha fazla ürün üretilmesini sağlamaktadır. Bu durum, iş gücü maliyetlerinde %10-20 arasında tasarruf potansiyeli sunmaktadır. Bu ekonomik öngörüler, tek banyoda gerçekleştirilen entegre sürecin yalnızca teknik değil, aynı zamanda finansal ve operasyonel anlamda da büyük avantajlar sağladığını göstermektedir. Süreç optimizasyonuyla elde edilen maliyet, zaman ve verimlilik kazançları, bu yöntemin tekstil sektöründe geniş ölçekte uygulanabilirliğini artırmaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma, fibrilasyon ve yağ sökme işlemlerini tek bir banyoda entegre ederek üretim sürecini optimize etmeyi, maliyetleri düşürmeyi ve kumaş kalitesini artırmayı başarmıştır. Tek banyoda yapılan işlemler, geleneksel çift banyo yöntemine kıyasla %23 zaman tasarrufu sağlamış, su ve enerji tüketimini azaltarak 1000 metre kumaş için 1.433,52 TL tasarruf sağlamıştır. Haslık ve dayanıklılık testleri, entegre süreçle üretilen kumaşların fiziksel ve estetik özelliklerinin eşdeğer veya daha üstün olduğunu göstermiştir. SEM analizi, entegre işlemin lif yüzeyinde yüksek fibrilasyon etkisi yaratarak kumaşın dokusunu iyileştirdiğini ortaya koymuştur.Sonuç olarak, bu yenilikçi yöntem, maliyet ve çevresel avantajlarıyla tekstil sektöründe sürdürülebilir bir alternatif sunmakta ve geniş çaplı uygulamalarda önemli bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Slater, K., *Environmental impact of textiles: production, processes and protection.* Elsevier, 2003
2. Periyasamy, A. P., & Khanum, R., Effect of fibrillation on pilling tendency of Lyocell fiber. Bangladesh Textile Today, 4, 31-39, 2012.
3. Baruah, S., Kalita, B. B., Jose, S., Borah, M. P., & Kalita, S., Impact of weave on physico-comfort properties of eri/modal union fabric. Journal of Natural Fibers, 19(13), 5371-5379, 2022.
4. Ozdemir, H., Permeability and wicking properties of modal and lyocell woven fabrics used for clothing. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 12(1), 155892501701200102, 2017.
5. Moses, J. J., A study on modal fabric using formic acid treatment for K/S, SEM and fourier transform infrared spectroscopy. Oriental journal of chemistry, 32(2), 1099, 2016.
6. Terinte, N., Manda, B. K., Taylor, J., Schuster, K. C., & Patel, M. K., Environmental assessment of coloured fabrics and opportunities for value creation: spin-dyeing versus conventional dyeing of modal fabrics. Journal of cleaner production, 72, 127-138, 2014.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CuO NANOTOZLARININ YAPISAL ve MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE TAVLAMA ETKİLERİ

ANNEALING EFFECTS of STRUCTURAL and MORPHOLOGICAL PROPERTIES of CuO NANOPOWDERS

Öğr. Gör. Tarık BAYDAR[1*]
[1]Munzur University, Tunceli Vocational School, Depertmant of Metal and Machinery Technologies, Tunceli, Turkey
tarikbaydar@munzur.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4243-4304

Doç. Dr. Hüseyin ERTAP[2]
[2]Kafkas University, Faculty of Science and Letters, Department of Physics, Kars, Turkey
huseyinertap@kafkas.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3896-6188

Prof. Dr. Seydi DOĞAN[3]
[3]Balıkesir University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Balıkesir, Turkey
dogans@balikesir.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9875-4990

ÖZET

Teknolojik uygulamalar için önemli bir malzeme olan CuO nanotozları hidrotermal yöntemle büyütüldü. Tavlanmamış ve tavlanmış CuO nanotozlarının yapısal ve morfolojik özellikleri XRD ve SEM ölçümleri kullanılarak çalışıldı. İncelenen tavlanmamış ve tavlanmış CuO nanotozlarının XRD spektrumları, bu nanotozların a = 4.7002 Å, b = 3.4338 Å ve c = 5.1452 Å örgü parametrelerine sahip monoklinik yapıda olduklarını ve 9:C1c1, özgün-b, hücre-1 uzay grubuna ait olduklarını ortaya koydu. En güçlü kırınım pikleri tavlanmamış CuO nanotozları için sırasıyla 2θ = 35.304º, 38.402º ve 48.560º civarında ve tavlanmış CuO nanotozları için sırasıyla 2θ = 35.477º, 38.627º ve 48.785º civarında gözlendi. Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının ortalama parçacık boyutları (D) sırasıyla 16.907 ve 15.468 nm olarak hesaplandı. Tavlanmış CuO nanotozunun hesaplanan ortalama parçacık boyutu değerinin tavlanmamış CuO nanotozundan daha büyük olduğu açıkça görülmektedir ve bu durum tavlama etkisinin beklenen bir sonucudur. Tavlanmamış ve tavlanmış CuO nanotozlarının yüzey görüntüleri farklı büyütmelerde SEM analizleri ile elde edildi. Hem tavlanmamış hem de tavlanmış CuO nanotozlarının denizkestanelerine benzer küresel yapıların bir araya gelmesiyle oluşan yuvarlak adacıklardan oluştuğu gözlemlenmiştir. Yüksek büyütmelerde elde edilen görüntülerin analizinden denizkestanelerine benzer küresel yapıların rastgele yönlendirilmiş nano çubuklardan oluştuğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: CuO nanotozları, Parçacık boyutu, XRD ve SEM ölçümleri.

ABSTRACT

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CuO nanopowders, being an important material for technological applications, were grown by hydrothermal method. Structural and morphological properties of non-annealed and annealed CuO nanopowders were studied by using XRD and SEM measurements. XRD spectra for the investigated non-annealed and annealed CuO nanopowders revealed that they had monoclinic structure with lattice parameters a = 4.7002 Å, b = 3.4338 Å and c = 5.1452 Å, belonging to the 9:C1c1, unique-b, cell-1 space group. The strongest diffraction peaks were observed around 2θ = 35.304º, 38.402º and 48.560º for non-annealed CuO nanopowder and 2θ = 35.477º, 38.627º and 48.785º for annealed CuO nanopowder, respectively. The average particle sizes of annealed and non-annealed CuO nanopowders were calculated as 16.907 and 15.468 nm, respectively. It is clearly seen that the calculated average particle size value of annealed CuO nanopowder is greater than that of non-annealed CuO nanopowder and this situation is an expected result of annealing effect. The surface images of non-annealed and annealed CuO nanopowders were obtained by SEM analyses at different magnifications. Both non-annealed and annealed CuO nanopowders have been observed to consist of round islands formed by the aggregation of spherical structures similar to sea urchins. From the analysis of the images obtained at high magnifications, it was seen that the spherical structures similar to sea urchins consist of randomly oriented nano rods.

Key Words: CuO nanopowders, Particle size, XRD and SEM measurements.

1. GİRİŞ

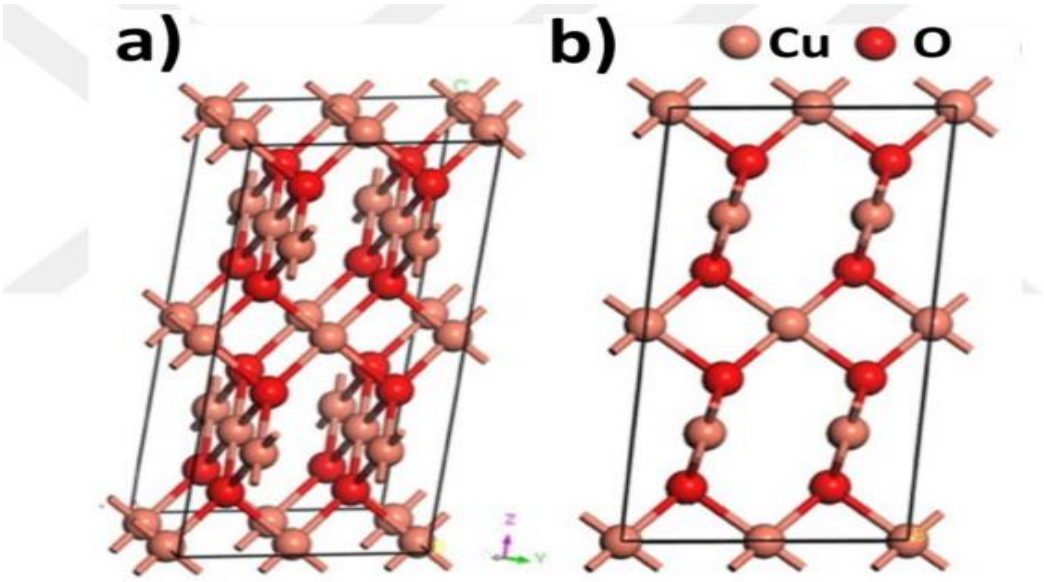
Günümüz teknolojisinde en çok kullanılan elektronik cihazların en önemli bileşenlerinden birisi, kontrol edilebilir elektriksel ve optik özellikleri sayesinde önem kazanan yarıiletkenler malzemelerdir [1]. Yarıiletkenlerin elektriksel iletkenlikleri geçici veya kalıcı olarak geniş bir aralıkta kontrol edilebilir, farklı maddelerle katkılandırmak suretiyle yarıiletkenlerin elektrik özellikleri önemli ölçüde değiştirilebilir ve hatta metaller kadar iletken hale getirilebilirler [2]. Bu tip yarıiletkenlerin sıcaklıkları mutlak sıfır sıcaklığa (0 K) yaklaştığında, özdirençlerinin büyük bir artış göstererek çok iyi bir yalıtkan haline gelebildikleri bilinmektedir [3]. Serbest elektronların bulunduğu iletim bandı ile değerlik bandı arasındaki yasak enerji aralığının farklı oranlarda yapılan katkılama ile değiştirilerek fiziksel özelliklerine müdahale imkânı vermesi yarıiletkenlerin ön plana çıkan en önemli özelliklerinden olarak bilinir [4]. Yarıiletkenlerin böyle bir yapıya sahip olmaları onların lazer, diyot, transistör, termistör, modülatör, güneş pilleri, gaz sensörleri gibi birçok teknolojik üründe vazgeçilmez malzeme haline getirmiştir [5].

ZnO, Fe_3O_4, SnO_2, CdS, CuO gibi geçiş metal oksitleri, dikkat çekici fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde uzun yıllardır bilim insanlarının yoğun ilgisini çekmektedir [6]. CuO, özellikle düşük yasak enerji bant aralığı (1,2-2,1 eV) nedeniyle diğer metal oksitlerden ayrılmakta ve neredeyse kızılötesi bölgeye kadar geniş bir görünür ışık spektrumunu soğurabilmektedir. CuO'in bu özelliğinin onu fotokatalitik aktiviteye sahip bir yarıiletken oksit haline getirdiği bilinmektedir [7-9].

CuO, en çok bilinen p-tipi yarıiletken oksitlerden biri olarak öne çıkmaktadır [8, 10]. CuO'nun kristal yapısı ilk kez 1933 yılında Tunell tarafından incelenmiş ve daha sonraki yıllarda ise tek dalga boyuna sahip X-ışını analizleriyle detaylandırılmıştır. CuO'nun üç boyutlu ve iki boyutlu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kristal yapıları sırasıyla Görsel 1 (a) ve (b)'de şematik olarak gösterilmektedir [11]. Genel olarak CuO, III B geçiş metali monooksitlerinin yaygın kaya tuzu yapısından farklı olarak, C2/c simetrisine sahip bir monoklinik kristal yapı sergilemektedir ve bu yapı, birim hücre başına dört formül birimi içermektedir. Koyu kahverengimsi bir renge sahip olan CuO parçacıkları, yüksek sıcaklıkta hidrojen veya karbon monoksite maruz kaldığında metalik bakıra indirgenme yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte CuO, üstün elektrokimyasal aktivite, süper termal iletkenlik ve yüksek termodinamik kararlılık gibi dikkat çekici fiziksel ve kimyasal özellikler göstermektedir [12]. Görsel 1'de CuO'in üç ve iki boyutlu kristal yapısının şematik gösterimi verilmektedir.



Görsel 1: CuO'nun (a) 3 boyutlu ve (b) 2 boyutlu kristal yapılarının şematik gösterimi [11].

Bakır oksit yapılar, düşük maliyetleri, toksik olmamaları, oksit tabaka üretim ve oluşum süreçlerinin kolaylığı, ayrıca teorik olarak yüksek güneş enerjisi dönüşüm verimliliği gibi avantajlarından dolayı fazlaca tercih edilmektedir. Örneğin, güneş pillerinde Cu_2O'nun daha geniş bir yasak enerji bant aralığına sahip olması nedeniyle CuO'ya kıyasla daha uygun olduğu görülürken, CuO'nun dar yasak enerji bant aralığı sayesinde yüksek güneş ışığı emilimi ve düşük ısıl yayınım özellikleri, onu güneş termal enerji kollektörlerinde seçici-emici yüzeyler için ideal bir seçenek haline getirmektedir [13]. CuO'nun boyutunda veya şeklinde meydana gelebilecek bir değişiklik, yasak enerji bant aralığının değişmesine neden olabilmektedir [7]. Yasak enerji bant aralığında meydana gelen bu değişiklikler, CuO'nun optik özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir [8]. Ayrıca tane boyutu, tane sınırı, film kalınlığı gibi yapısal özellikler de bu yarıiletkenin elektriksel iletkenliğini önemli ölçüde etkilemektedir [9]. Bütün bu nedenlerden ötürü CuO'nun elektriksel özelliklerinin sentezlenme yöntemine bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir [11,13].

CuO birçok farklı yöntemle sentezlenebilir ve her bir yöntem; malzemenin kristal yapısı, morfolojisi, yüzey alanı ve saflık düzeyi gibi özellikleri üzerinde farklı etkiler yaratır. Yaygın olarak kullanılan CuO nanotoz sentez yöntemi Hidrotermal Yöntem [14] olarak bilinmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bununla birlikte, genel olarak CuO elde etme yöntemleri, Sol-Gel Yöntemi [15], Çöktürme Yöntemi [16], Termal Parçalanma [17], Elektrokimyasal Yöntem [18], Mikrodalga Destekli Sentez Yöntemi [19] ve Püskürtmeli Piroliz Yöntemi [20] olarak sıralanabilir.

Hidrotermal sentez yöntemi, CuO nanoyapılarının morfolojisi ve faz saflığını kontrol etmede çevre dostu ve uygun maliyetli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Sıcaklık, deney süresi, pH gibi reaksiyon parametreleri ayarlanarak farklı özelliklerde CuO nanoyapılar elde edilebilmekte ve bu nanoyapıları çeşitli uygulamalara uyarlamak mümkün olmaktadır [17].

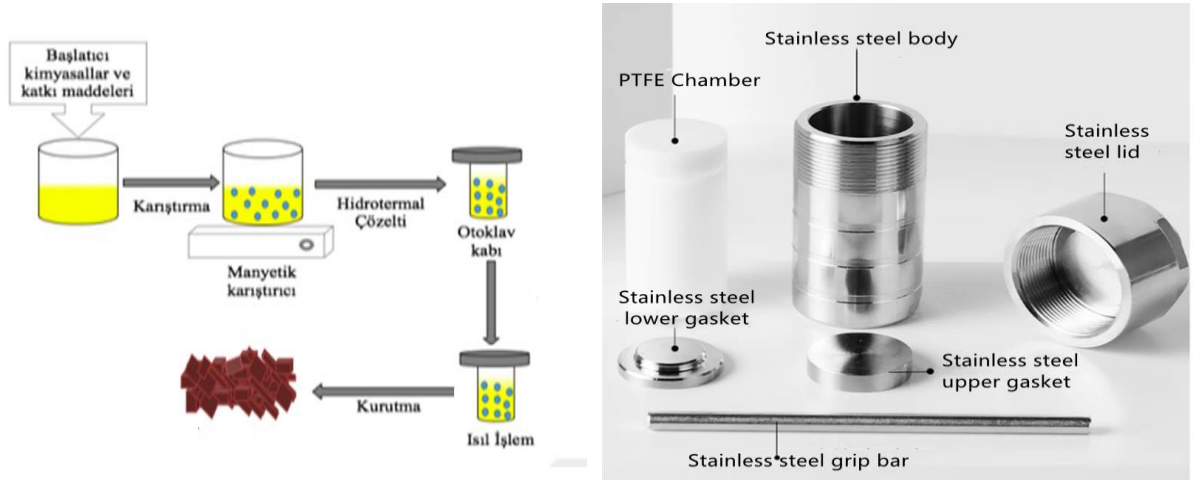
CuO metal oksit tozlarının fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri, tavlama işlemi ile önemli ölçüde değiştirilebilmektedir. Tavlama, yüksek sıcaklıkta termal bir işlem olup, malzemenin kristal yapısını, faz saflığını, yüzey alanını ve parçacık boyutunu değiştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu süreç, CuO'nun performansını etkileyen en temel faktörlerden biridir ve özellikle kataliz, enerji depolama ve sensör uygulamalarında malzemenin işlevselliğini optimize etmek için kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada, CuO nanotozları hidrotermal yöntem kullanılarak büyütüldü ve büyütülen CuO nanotozları 600 ºC sıcaklığında tavlandı. Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının yapısal ve morfolojik özellikleri sırasıyla X-Işınları Kırınımı (XRD) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) yöntemleri ile araştırıldı.

2. DENEYSEL YÖNTEMLER

CuO nanoparçacıkları, içerisinde 60 mL saf su bulunan behere 15 mmol Cu kaynağı eklenerek 5 dk boyunca manyetik karıştırıcı da bekletildi. 20 mL saf su bulunan başka bir behere 5 g NaOH konularak çözünmesi sağlandı ve elde edilen NaOH çözeltisi, Cu kaynağı bulunan behere aktarıldı. Toplam çözeltinin homojen hale getirilmesi için oda sıcaklığında 5 dakika karıştırıldı ve daha sonra hidrotermal üniteye transfer edildi. Hidrotermal ünite 180 °C sıcaklığa kadar ısıtıldı ve çözelti bu koşullar altında 6 saat bekletildi. Daha sonra sistem 1 saat içerisinde oda sıcaklığına gelecek şekilde soğutuldu. Bu işlemler sonucunda oluşan çökelti sırasıyla saf su ve etanol ile üçer kez temizlendi. Son olarak, çökelti etüvde 80 °C sıcaklığında 12 saat boyunca kurutuldu ve elde edilen CuO nanoparçacıkları 600 ºC sıcaklığında tavlandı. Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının yapısal özellikleri X-Işınları Kırınımı (XRD) (Rigaku MiniFlex 600) yöntemi ile araştırılırken, morfolojik özellikleri ise farklı büyütme oranları yardımıyla Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Hitachi SU3500)yöntemi ile araştırıldı. CuO nanoparçacıklarının üretim basamakları ve hidrotermal reaktörün şematik olarak gösterimi Görsel 2'de verilmektedir.

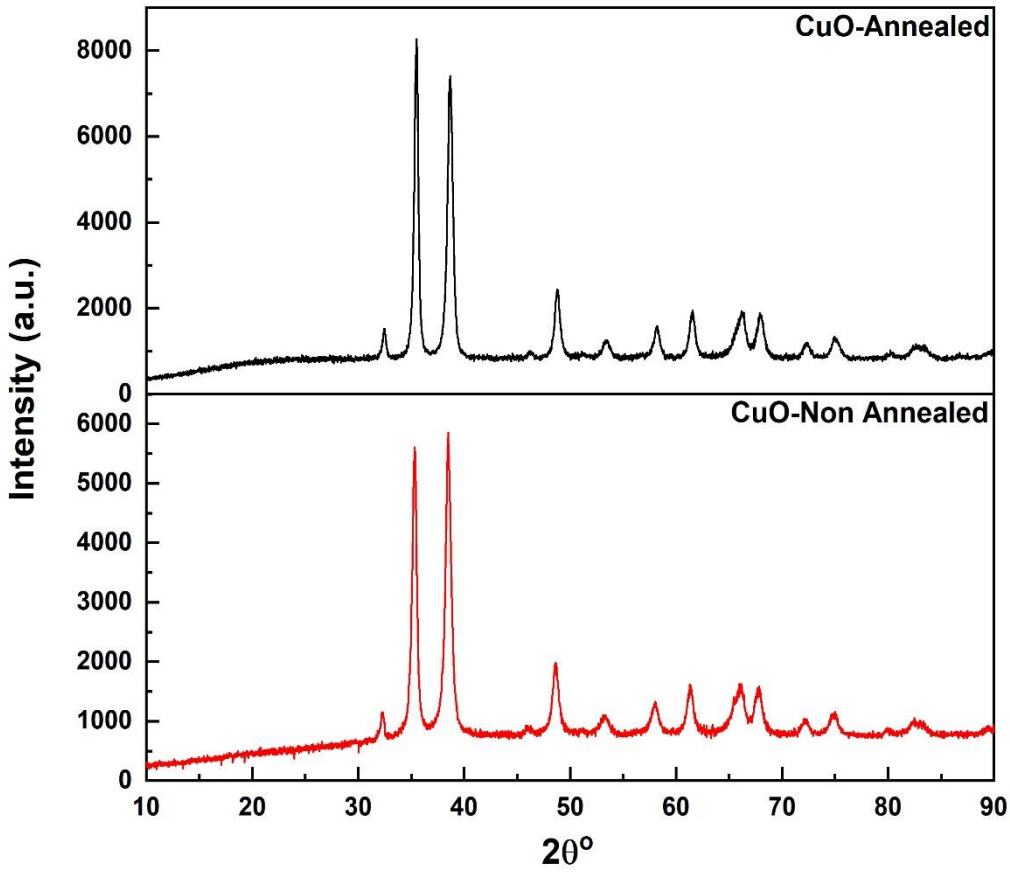
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2: CuO nanotozlarının üretim basamakları ve hidrotermal reaktörü şematik gösterimi[21].

3. DENEYSEL BULGULAR

Görsel 3 'te tavlanmamış ve 600 °C sıcaklığında tavlanmış olan CuO nanotozların XRD spektrumları verilmektedir.



Görsel 3: Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının XRD spektrumu.

XRD spektrumlarının analizlerinden elde edilen sonuçlar, tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının a = 4.7002 Å, b = 3.4338 Å ve c = 5.1452 Å olan örgü parametrelerine sahip monoklinik yapıda olduklarını ve uzay grubunun 9:C1c1, özgün-b, hücre-1 olduğunu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

göstermiştir (PDF No: 901-6326). XRD spektrumlarının daha önce yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir [23]. XRD spektrumlarının analizlerinden elde edilen bazı parametreler Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1: Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının bazı parametreleri.

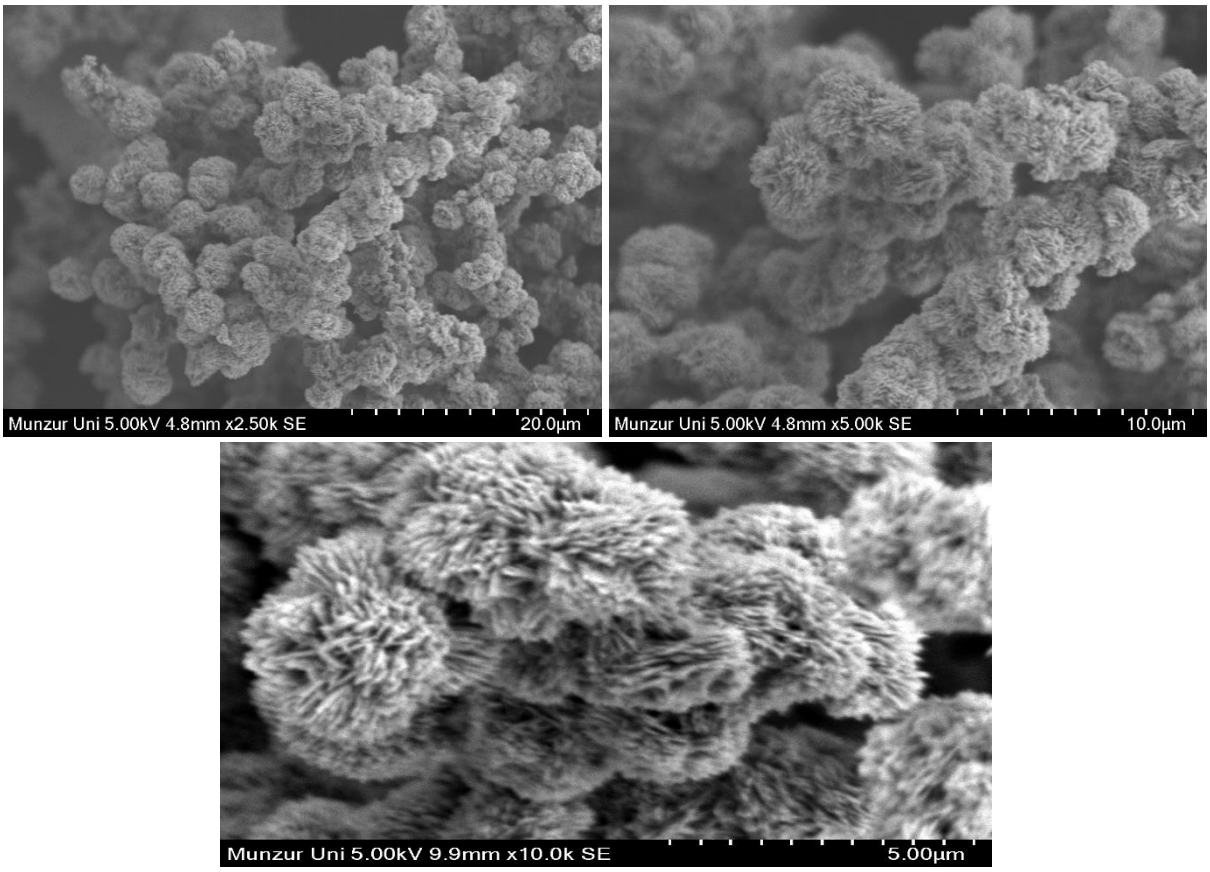
Pik	Numune	20	Şiddet(a.u.)	Şiddet Oranı	FWHM (β)	Parçacık Boyutu (nm)	Yapı/Faz
(0 0 2)	CuO Tavlanmış CuO	35.304 35.477	5470 8171	0.670	0.486 0.440	17.936 19.809	Monoklinik/ Tenorit
(1 1 1)	CuO Tavlanmış CuO	38.402 38.627	5465 7291	0.750	0.614 0.598	14.309 14.716	Monoklinik/ Tenorit
(2 0 -2)	CuO Tavlanmış CuO	48.560 48.785	1968 2433	0.809	0.643 0.563	14.158 16.196	Monoklinik/ Tenorit

XRD analizlerinden tavlamanın etkisiyle pik şiddetinin arttığı, pik konumlarının daha yüksek dereceli açılara kaydığı, piklerin FWHM değerlerinin azaldığı ve ortalama parçacık boyutunun tavlanmamış CuO nanotozlarına oranla arttığı görüldü. Ayrıca, hem tavlanmış hem de tavlanmamış CuO nanotozlarının XRD ölçümleri sonuçlarından elde edilen datalar vasıtasıyla çizilen grafiklerden ve veri tabanından çekilen değerler eşliğinde, grafiklerde görülen bütün piklerin CuO bileşiğine ait olduğu ve herhangi bir safsızlık piki barındırmağı görülmektedir. Bunlara ek olarak, XRD spektrumlarından elde edilen sonuçlar, düşük sıcaklıkla elde edilen CuO nanotozlarının düşük kristal saflığına sahip olduğunu ve tavlama etkisiyle CuO nanototzlarının kristal yapısının tavlanmamış CuO nanotozlarına oranla daha belirgin hale geldiğini göstermiştir. Tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının parçacık boyutları Scherrer denklemi kullanılarak XRD verilerinden hesaplandı [22].

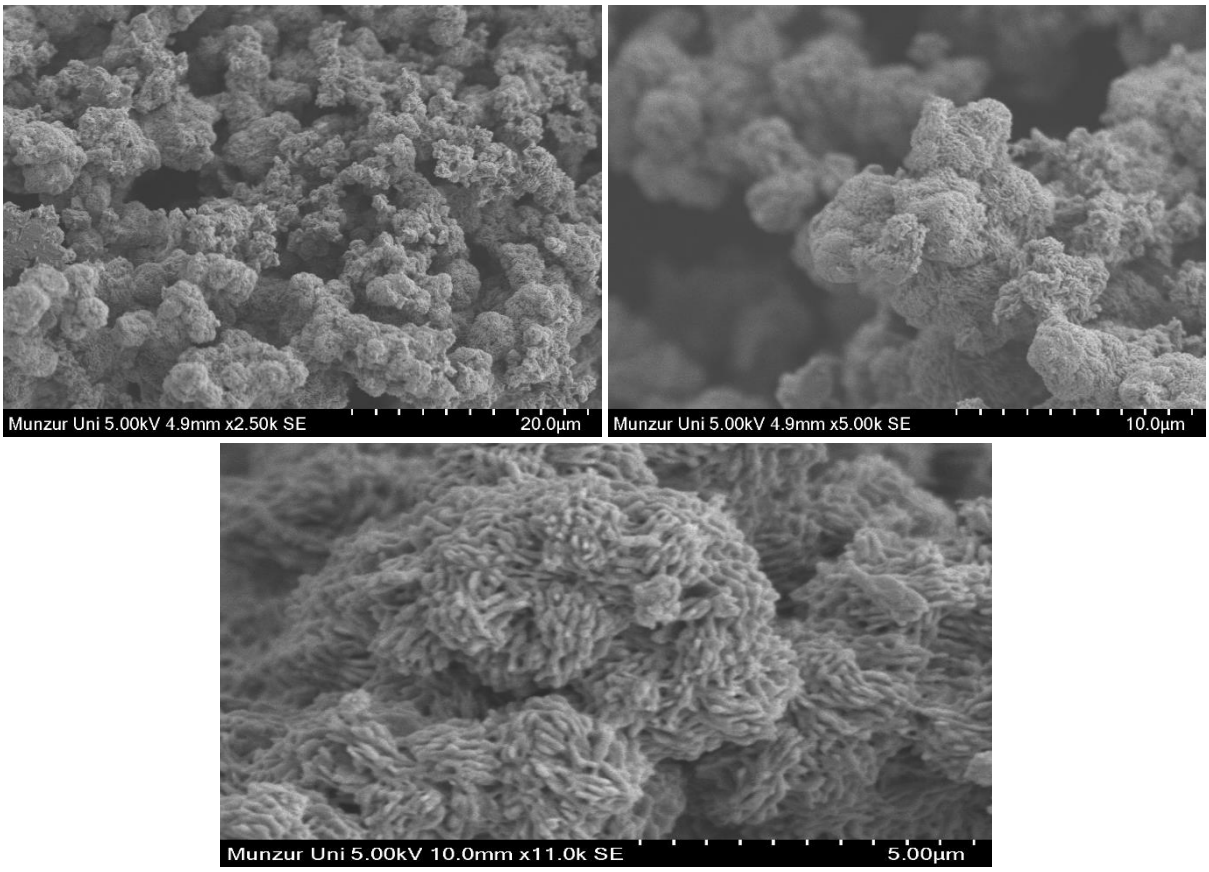
$$D = \frac{K\lambda}{(\beta cos\theta)}$$

Bu denklemde λ; Cu K_α ışınımının dalga (0.15418 nm), *K;* 0.94 olarak alınan Scherrer sabiti, θ; parçacık boyutu hesaplanırken dikkate alınan kırınım pikinin tepe noktasının Bragg açısı ve β ise parçacık boyutu hesaplanırken dikkate alınan kırınım pikinin tepe noktasının FWHM değeridir. Scherrer formülünden tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının ortalama parçacık boyutları sırasıyla 16.907 ve 15.468 nm olarak hesaplandı. Tavlamanın etkisine bağlı olarak nanoparçacıklarda ve nanotozlarda parçacık boyutunun artması beklenen bir sonuçtur. Tavlanmamış ve 600 °C sıcaklığında tavlanmış CuO nanotozlarının farklı büyütme oranlarında alınmış SEM görüntüleri sırasıyla Görsel 4 ve Görsel 5'te verilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4: Tavlanmamış CuO nanotozlarının farklı büyütme oranlarındaki SEM görüntüleri.



Görsel 5: Tavlanmış CuO nanotozlarının farklı büyütme oranlarındaki SEM görüntüleri.

Tavlanmamış ve 600 °C'de tavlanmış CuO nanotozların morfolojik özellikleri farklı büyütme oranlarına sahip SEM yüzey görüntüleri alınarak incelendi ve elde edilen görüntülerin daha önce yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görüldü [23, 24]. Tavlanmamış CuO nanotozlarının SEM görüntüleri incelendiğinde nanotozların deniz kestanesine benzer küresel yapıların bir araya gelmesiyle oluşmuş yuvarlak adacıklar şeklinde oluştuğu tespit edilmiştir. Tavlanmamış CuO nanotozlarının yüksek büyütme oranında alınan SEM görüntüleri incelendiğinde is deniz kestanesine benzer küresel yapıların rastgele yönelimli nano tabakalardan meydana geldiği görülmüştür. Tavlama etkisinin nanotozların yüzey morfolojisini ve parçacık boyutunu önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir ve bu durum CuO nanotozlarında da gözlenmektedir. Yüksek sıcaklıkta, nanotozlar arasında birleşme ve aglomerasyon meydana gelmesi bilinen bir olaydır ve bu durum parçacık boyutunun artmasına ve yüzey alanının azalmasına neden olmaktadır. Bu çerçevede, bu çalışmada CuO nanotozlarının 600 °C'de tavlanması sonucunda parçacıklar arası birleşme nedeniyle tavlanmamış CuO nanotozlarına oranla parçacık boyutunun arttığı ve yüzeyinin daha pürüzsüz yüzeylerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Parçacık boyutunun artması durumu XRD sonuçlarından hesaplanan parçacık boyutu değerlerinden de görülmektedir.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada tavlanmamış ve 600 °C sıcaklığında tavlanmış CuO nanotozlarının yapısal ve morfolojik özellikleri sırasıyla XRD ve SEM analizleri ile araştırıldı. XRD analizlerinden elde edilen sonuçlar, tavlanmış ve tavlanmamış CuO nanotozlarının a = 4.7002 Å, b = 3.4338 Å ve c = 5.1452 Å olan örgü parametrelerine sahip monoklinik yapıda olduklarını ve uzay grubunun 9:C1c1, özgün-b, hücre-1 olduğunu göstermiştir. Tavlanmamış ve 600 °C'de tavlanmış CuO nanotozlarının SEM görüntüleri incelendiğinde, hem tavlanmamış ve hem de 600 °C'de tavlanmış CuO nanotozların deniz kestanesine benzer küresel yapıların bir araya gelmesiyle oluşmuş yuvarlak adacıklardan oluştuğu görülmüştür. Her iki deneysel sonuçlar incelendiğinde tavlamaya bağlı olarak CuO nanotozlarının parçacık boyutunun arttığı gözlemlenmiştir. Tavlamanın, CuO nanotozlarının parçacık boyutunu ve yüzey morfolojisini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Bu değişiklikler neticesinde, bant aralığı değeri değişmektedir ve bu değişim nanotozların optik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Buna ek olarak, parçacık boyutu ve sınırı gibi yapısal özelliklerin elektriksel iletkenliği de önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Sze, S. M. and Ng, K. K., *Physics of Semiconductor Devices*. John Wiley & Sons, 2006.

[2] Pierret, R. F., *Semiconductor Device Fundamentals*. Addison-Wesley, 2003.

[3] Streetman, B. G. and Banerjee, S., *Solid State Electronic Devices*. Pearson Education, 2005.

[4] Kittel, C., *Introduction to Solid State Physics*. John Wiley & Sons, 2005.

[5] Türk Standartları Enstitüsü (TSE). "*Yarıiletken Malzemeler ve Kullanım Alanları"*

[6] Devi, L. G. ve ark., *Study on Metal Oxides: Properties and Applications*, 2020.

[7] Xu, Y. ve Schoonen, M. A. A., "The Absolute Energy Positions of Conduction and Valence Bands of Selected Semiconducting Minerals", American Mineralogist, 85(3), 543–556, 2000.

[8] Zhang, H. ve ark., "Recent Advances in CuO-Based Photocatalysts for Water Splitting and Organic Pollutant Degradation", Applied Catalysis B: Environmental, 146, 94–107, 2014.

[9] Sun, H. ve ark., "Enhanced Photocatalytic Performance of CuO with Visible Light: A Review", Journal of Alloys and Compounds, 785, 481–496, 2019.

[10] Brown, A. B. ve ark., "Properties of p-Type Semiconductor Oxides: An Overview", Materials Chemistry and Physics, 99(2), 123–131, 2006.

[11] Raizada, P. ve ark., "Advanced Applications of CuO Structures in Photocatalysis", Nanotechnology Reviews, 9(1), 1234–1250, 2020.

[12] Soon, Y. W. ve ark., "Thermal and Electrochemical Properties of Copper Oxide Nanostructures", Materials Science and Engineering B, 139(2), 95–102, 2007.

[13] Yeşilçubuk, S. A., *Reaktif DC Magnetron Sıçratma Tekniği ile N-tipi Silisyum Altlık Üzerine Bakır Oksit İnce Film Biriktirme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.

[14] Liu, Y., Chen, Z. ve Wang, T., "Hydrothermal synthesis of CuO nanostructures and their application in gas sensors", Sensors and Actuators B: Chemical, 345, 130376, 2021.

[15] Padmanabhan, P., Kumar, R. ve Patel, A., "Recent advances in CuO nanostructures for energy and environmental applications", Materials Chemistry and Physics, 241, 122305, 2020.
[16] Zhang, J., Li, H. ve Zhao, X., "Synthesis and characterization of CuO nanostructures for photocatalytic applications", Applied Surface Science, 456, 82-90, 2018.

[17] Wang, J., Sun, S. ve Feng, J., "Morphology control of CuO nanomaterials through hydrothermal methods", Journal of Nanoparticle Research, 21(8), 189, 2019.

[18] Kumar, P. ve Kumar, R., "Electrochemical synthesis of CuO nanostructures for advanced catalytic applications", Electrochimica Acta, 356, 136891, 2020.

[19] Chauhan, S. ve Verma, M., "Microwave-assisted synthesis of CuO nanostructures: A review", Journal of Alloys and Compounds, 834, 155193, 2020.

[20] Jain, N., Sharma, V. ve Singh, J., "Spray pyrolysis technique for CuO thin films: Applications and developments", Thin Solid Films, 626, 35-43, 2017.

[21] URL-1, 2024. https://tr.aliexpress.com/i/1005005619872215.html. 15.11.2024.

[22] Ertap, H. ve Karabulut, M., "Structural and electrical properties of boron doped InSe single crystals", Materials Research Express, **6**(3),035901, 2019.

[23] Yadav, H. ve ark., *Syntheses of copper oxide nanoparticle by hydrothermal method and its structural and surface morphological studies*, 2nd International Conference on Recent Advances in Material Science and Nanotechnology, 221-227, Raman, 2022.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[24] Kaya, Ö., *Hidrotermal yöntemle büyütülen cuO ince filmlerde sentez süresi ve sıcaklığın filmlerin yapısal ve optik özellikleri üzerine etkisi,* Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇEVRE TEMİZLİĞİ İÇİN FOTOKATALİZÖR KULLANMADAN ORGANİK BOYALARIN FOTOKATALİTİK BOZUNMASINA ÇÖZELTİ KARIŞTIRMA HIZI VE pH'IN ETKİSİ

INFLUENCE OF THE SOLUTION STIRRING RATE AND pH ON THE PHOTO DEGRADATION OF ORGANIC DYE WITHOUT USING PHOTOCATALYST FOR ENVIRONMENTAL CLEANING

Dr. Sultan GÖKTAŞ
Harran University, Faculty of Arts and Science, Department of Chemistry, Şanlıurfa, Turkey
sultangoktas@harran.edu.tr
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-7084-9710

Dr. Öğr. Üyesi Gülsen ŞAHİN
Adiyaman University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Adiyaman, Turkey
gsahin@adiyaman.edu.tr
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1212-1331

Prof. Dr. Abdullah GÖKTAŞ
Harran University, Faculty of Arts and Science, Department of Physics, Şanlıurfa, Turkey
agoktas@harran.edu.tr
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-7084-9710

ÖZET

Tekstil atık sularında bulunan temel organik boyaların (Metilen mavisi (MM), Metilen turuncusu, Rodamin B vb.) doğada yaşayan canlılara zarar vermemesi için uzun yıllardır çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar genellikle ucuz ve doğaya zarar vermeyen yöntemlerin geliştirilmesinin yanında kullanılacak fotokatalizörlerinde çevreye uyumlu ve zarar vermeyen malzemelerden seçilmesi önem arz etmektedir. Son zamanlarda en çok kullanılan yöntemler arasında gelişmiş oksidasyan yöntemi gelmektedir. Bu yöntem fotokatalitik olay veya fotoliz olarakta bilinmektedir. Fotokatalitik olayda fotokatalizör (ZnO, TiO2, SnS vb.) fotokatalizöre uygun ışık (görünür ışık veya Uv ışık), uygun sıcaklık (20-80 ^{o}C), pH (4, 7 ve 11), fotokatalizör miktarı, kullanılacak organik boyanın konsantrasyonu, organik boya çözeltisinin karıştırma hızı, ortamın oksijen miktarı v.b. faktörler önemli rol oynamaktadırlar. Bu çalışmada özellikle ortam sıcaklığının ve karıştırma hızının MM organik boyasının yıkım performansına etkisi görünür ışık altında diğer operasyonel paramatreler sabit tutularak incelenmiştir. Özellikle pH=11'de MM fotokatalitik bozunum yüzdeki hemen hemen 120 ve 90 dakika için yaklaşık %100'e erişmiştir. Bununla birlikte çözelti karıştırma hızının da verime önemli ölçüde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, operasyonel parametrelerin organik boyaların yıkılmasında önemli rol oynadığını ortaya koymuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar kelimeler: Fotoliz, Fotokatalizör, pH, Metilen mavisi, Fotokatalitik verim, Karıştırma hızı

ABSTRACT

Studies have been continuing for many years to ensure that the basic organic dyes (Methylene blue (MB), Methylene orange, Rhodamine B, etc.) found in textile wastewater do not harm living creatures in nature. In these studies, in addition to the development of cheap and environmentally friendly methods, it is important to choose environmentally compatible and non-harmful materials for the photocatalysts to be used. Among the most used methods recently is the advanced oxidation method. This method is also known as photocatalytic event or photolysis. In the photocatalytic process, the photocatalyst (ZnO, TiO_2, SnS, etc.) is affected by the appropriate light (visible light or UV light), the appropriate temperature (20-80 ^oC), pH (4, 7 and 11), the amount of photocatalyst, the concentration of the organic dye to be used, the composition of the organic dye solution. mixing speed, oxygen amount of the environment, etc. factors play an important role. In this study, the effects of ambient temperature and mixing speed on the destruction performance of MB organic dye were examined under visible light, keeping other operational parameters constant. Especially at pH=11, MB photocatalytic degradation on the facet of the photocatalyst reached 100 at % almost in 90 and 120 min. However, it has been observed that the solution mixing speed also has a significant effect on the photocatalytic efficiency. These results revealed that operational parameters play an important role in the degradation of organic dyes.

Keywords: Photolysis, Photocatalyst, pH, Methylene blue, Photocatalytic efficiency, mixing speed.

Introduction

Nowadays degradation of the toxic textile dyes (MB, Methylene orange, Rhodamine B, etc.) within the wastewater is so getting more recognition because the increased population and hence enhanced rapid urbanization. To get out of this pollutant water some considerable traditional methods (coagulation, flocculation, reverse osmosis, adsorption on the activated carbon, microbiological decomposition, ozonation, H_2O_2/UV procedure, ion exchange method ultra-filtration and chemical methods like photosensitized oxidation, adsorption as well as biodegradation) are offered (Chen et al. 2020; Tan Y.N., Wong C.L., & Mohamed A.R., 2011) Nonetheless, the mentioned methods have only been acquired by shifting organic materials from H_2O to one more form of solid waste complex resulting in a new subordinate contamination. This requiress an extra use of solid wastes and redemption of adsorptive, bringing about a further cost to the activity. Moreover, these routes also have a number of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

disadvantages as early reported in the studies of Chen et al. (2011) and Bodzek et al. (2012). The above-mentioned toils in tasking have brought the rapid event of Advanced Oxidation Process (AOP) as inventive mechanization for usage of wastewater and it is recent. Therefore, they have developed to get an enhanced demand for well-organized management of wastewater. Among all the wastewater cleaning methods, photocatalytic action is known as one of the most advanced oxidizing techniques, taking huge interest due to its continual noticing to drive brutal group as H_2O split, photocatalyzed of excrete and purify the airy pollutants (Bodzek M. & Rajca M., 2012).

The catalysis emanates redox interaction leading to through the light-induced hole and electron created over the inducement. During the response between the hole and electron, mobile radicals such as hydroxyl and superoxide are created as well like non-toxic products (Bodzek M. & Rajca M., 2012; Goktas S., 2024). For advancing photocatalysis, the selection of disciplined material candidates to use whole spectra of daylight is highly essential. There have been a number of operating parameters afectting the photolysis of textile colors such as the pH of the solution bath of organic dyes, concentration of organic dyes/catalyst, the strentgh/kind of utilized light, the temperature of the environment, the distance between the light and solution bath of textile color, mixing rate of the processed dye solution, as well the used kind of organic dyes (Göktas S. & Gülsen S., 2023; Sahin, G., Goktas, A., & Aslan, E., 2024). The impacts of them were previously reported in several studies. Nevertheless, among them, the effects of certain pH values and the magnetic stirring rate of the dye solution bath under visible light irradiation have rarely been scrutinized.

Up to date, there have been no study on the photodegradation of the MB under visible irradiation to investigate the role of magnetic mixing rates. So, diferent from our previous study, it is aimed to research the effect of the magnetic mixing rates (300 and 600 rpm) on the degradation of the MB at certain pH value (4, 7 and 11) under the illumination of the visible light.

EXPERİMANTAL and METOD

Materials

Solid MB (Purity ≥ 95%, F.W: 319.86 g/ mol, melting point: 100–110 °C) with chemical formula of C16H18ClN3S·xH2O was purcahsed by Isolab chemicals. Sodium hydroxide (NaOH, 0.01 n/L) and glacial acetic acid (GAA) were bought from Merck company. During the experiments, pure water was utilized. The used whole chemicals were analytical reagent grade and without any purification.

MB solution was prepred by using the following process; 0.063 mg MB was dissolved in 100 ml pure water by utilizing a magnetic stirrer at room temperature (measured as 30 ^{o}C). Then, the mixture was stirred well until it get desired dissolvation. After that the pH meter was used (HI2211 pH/ORP) to measure the value of pH of this mixture. For that the desired content of NaOH (0.01–0.1 mml) and GAA (0.01–0.05 mml) were used to regulete the desired pH (4, 7,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

and 11). Finally, to investigate the role magnetic mixing rate (300 and 600 rpm) the MB solution bath was located on the magnetic stirrer

Characterization methods

The absorbance of the MB solution before and after different 30-min UV-lamp radiation exposure time was guided and examined using UV-Vis spectroscopy (Perkin Elmer Lambda 25) based on the MB major distinctive absorption peak at 664 nm. Using any photocatalyst, the photocatalytic activity of MB was tabulated by the following equation (Şahin, G., & Göktaş, S. (2024);

$$\eta = [(1-(C/C_0))]x100 \quad (1)$$

Here, C_0 and C represent the major absorption peak of MB and the intensity of MB before and after chatalysis, respectively.

DISCUSSIONS AND RESULTS

The intensity of the maximum peak corresponding to the 664nm wavelength in the UV-Vis spectrum of the methylene blue solution was accepted as the C_0 concentration. On the other hand, it was observed that the peak C_0 concentration corresponding to this wavelength decreased over time under light, and this decrease C_0 was observed. The graphs of the change in C_0 ratio over time were given in Fig. 1 for the pH=4 (asidic), 7 (neutral) and 11 (basic) and at magnetic stirring rate of 300 rpm.

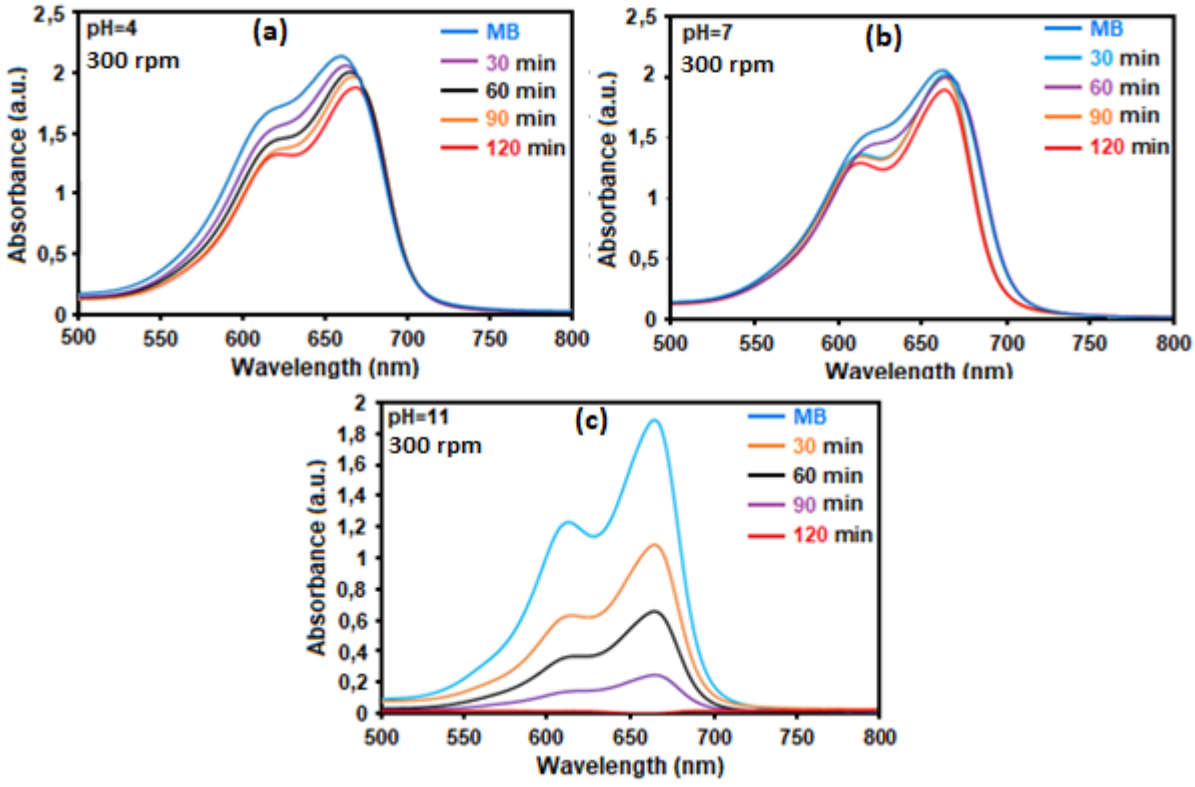


Fig. 1. UV-Vis absorption spectra of the MB under solar radiation source at 300 rpm and different pH values of 4 (a), 7 (b), and 11 (c), respectively.

The decreases in the main peak reflect the photodegradation of the MB. The photodegradation η of MB was tabulated using equation (1) as 8.9, 5.3, and 99.8 at % for the pH values of the 4, 7, and 11, respectively. These results reflect that the pH of the solution is very crucial for the degradation of MB dye. The observed results are in good agreement with previously reported ref. (Goktas S., 2024; Aba, Z., Goktas, A., & Kilic, A., 2024).

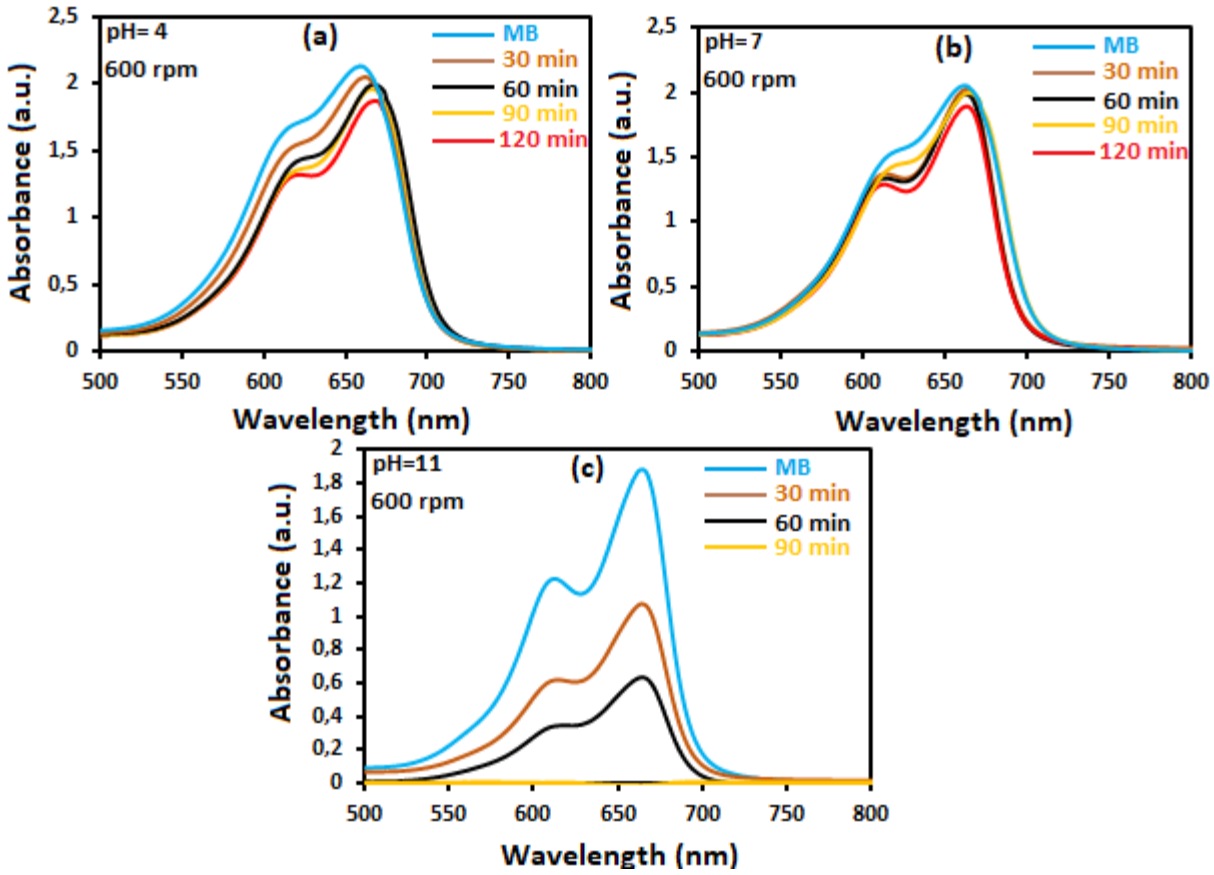


Fig. 2. UV-Vis absorption spectra of the MB under solar radiation source at 600 rpm and different pH values of 4 (a), 7 (b), and 11 (c), respectively.

Fig.2 shows the variation of the MB absorbance depending on wavelengths at diffent MB solution bath's pH and 600 rpm magnetic stirring rate. Especially at pH=11 the degradation of MB was calculated about 100 at. % in 90 min. However, in acidic and neutral conditions, that is pH value 4 and 7, no important variation was observed. The η values were tabulated as 11.9, 8.3 at.%. The increased η values were attributed to the enhanced magnetic stirring rate from 300 to 600 rpm due to enhanced the amount of dissolved oxygen in the solution (Jin-Ming W. &Wei W. 2020; Goktas, S., & Goktas, A. 2021; Göktaş, S.,2023).

KAYNAKLAR

Aba, Z., Goktas, A., & Kilic, A. (2024). Characterization of $Zn_{1-x}La_xS$ thin films; compositional, surface, optical, and photoluminescence properties for possible optoelectronic and photocatalytic applications. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 109(1), 260-271.

Bodzek M., Rajca M. (2012). Photocatalysis in the treatment and disinfection of water, Part I. Theoretical backgrounds. Ecological Chemistry and Engineering 19:489‑512.

Chen D., Cheng Y., Zhou N., Chen P., Wang Y., Li K., Huo S., Cheng P., Peng P., Zhang R., Wang L., Liu H., Liu Y., Ruan R. (2020). Photocatalytic degradation of organic pollutants using TiO_2-based photocatalysts: a review. Journal of Cleaner Production 268:121725.

Goktas S. (2024). Synergic Effects of pH, Reaction Temperature, and Various Light Sources on the Photodegradation of Methylene Blue Without Photocatalyst: A Relatively High Degradation Efficiency. Chemistry Africa 7:4425–4437 4427.

Göktaş, S. (2023). Metilen Mavisi Organik Boyasinin Güneş Işığında Katalizörsüz Yıkımı. International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences, 1, 364–367

Göktaş, S., & Sahin, G. (2023). Methylene blue concentration and pH-induced photocatalytic degradation of methylene blue without photocatalyst under visible light. International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches, 7(6), 176-181.

Goktas, S., & Goktas, A. (2021). A comparative study on recent progress in efficient ZnO based nanocomposite and heterojunction photocatalysts: A review. Journal of Alloys and Compounds, 863, 158734.

Jin-Ming W., Wei W. (2020). Catalyzed degradation of azo dyes under ambient conditions, Environmental Science Technology, 44; 9123–9127.

Şahin, G., Goktas, A., & Aslan, E. (2024). A new way to tune photocatalytic activity, surface morphology, and structural/optical parameters of ZrO2 thin films using different Zr sources along with annealing temperature and film thickness. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 112(2), 425-443.

Şahin, G., & Göktaş, S. (2024). Calculations of Structural Parameters and Optical Constants of Size Dependent ZrO 2. Gazi Journal of Engineering Sciences (GJES)/Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(1).

Tan Y.N., Wong C.L., Mohamed A.R. (2011). An overview on the photocatalytic activity of nano-doped-TiO_2 in the degradation of organic pollutants. ISRN Materials Science 2011:1‑18.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KİMYASAL OLARAK ÜRETİLEN ZnO NANOÇUBUKLARININ FOTOKATALİTİK ÖZELİKLERİ: ÇÖZELTİ KARIŞTIRMA HIZININ ETKİSİ

PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF CHEMICALLY DERIVED ZnO NANORODS: IMPACT OF SOLUTIN STIRRING SPEED

Dr. Öğr. Üyesi Gülsen ŞAHİN
Adiyaman University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Adiyaman, Turkey
gsahin@adiyaman.edu.tr
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1212-1331

Prof. Dr. Abdullah GÖKTAŞ
Harran University, Faculty of Arts and Science, Department of Physics, Şanlıurfa, Turkey
agoktas@harran.edu.tr
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-7084-9710

ÖZET

Bu çalışmada sol-jel yöntemi kullanılarak nano çubuk ZnO ince filmleri 500 ^{o}C'de hava ortamında cam alt taşlar üzerinde hazırlandı. Hazırlanan ZnO nanoyapıların yapısal, yüzeysel ve fotokatalitik özellikleri X-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM), enerji dağılımlı spektroskopinin (EDS) ve UV-Vis spektrometresi aracılığıyla incelendi. Elde edilen nanoyapıların XRD sonuçları bu yapıların hekzagonal ZnO kristal yapısında kristallendiğini ortaya koydu. SEM analizleri film yüzeylerinin çubuksu nanoparçacıklardan oluştuğunu sergiledi. Film yüzeylerinin yoğun ve nano parçacıkların film yüzeyinde rastgele dağıldığı gözlemlendi. EDS analiz sonuçları ZnO filmlerinde Zn ve O atomlarının olduğunu gösterdi. Yapılan fotokatalitik deneylerinde ZnO nanoçubuklarının fotokatalitik veriminin çözelti karıştırma hızıyla önemli bir oranda arttığı gözlemlendi. Elde edilen yüksek verim nanoçubukların yüksek yüzey-hacim oranına ve çözelti karıştırma hızının ortak etkisine bağlanılmıştır. Bu sonuçlar ZnO nanoçubuklarının UV-ışığına hassas optoelektronik ve fotokatalitik uygulamalarda kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu yansıtmaktadır.

Anahtar kelimeler: ZnO nanoçubuk, Fotokatalitik, Fotokatalitik verim, Metilen mavisi, Karıştırma hızı.

ABSTRACT

In this study, ZnO nanorod thin films were prepared on the glass substrates in air at 500 ^{o}C using the sol-gel method. Structural, facet and photocatalytic properties of the prepared ZnO nanorods were examined by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS) and UV-Vis spectrometry. XRD results of the obtained

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

nanorods revealed that these structures crystallized in the hexagonal ZnO crystal structure. SEM analysis revealed that the film surfaces were composed of rod-like nanoparticles. It was observed that the film surfaces were dense, and the nanorods were randomly distributed on the film surface. EDS analysis results showed that there were Zn and O atoms in the ZnO films. Photocatalytic experiments showed that the photocatalytic efficiency of ZnO nanorods increased significantly with the solution mixing speed. The obtained high efficiency was attributed to the high surface-to-volume ratio of the nanorods and the combined effect of the solution stirring speed. These results reflect that the ZnO nanorods have the potential to be used in UV-light sensitive optoelectronic and photocatalytic applications.

Keywords: ZnO nanorods, Photocatalysis, Photocatalytic efficacy, Methylene blue, Stirring speed.

Introduction

Recently, a number of precautions have started to be taken due to increasing environmental pollution. Physical, chemical and biological techniques have been developed to clean wastewater, which increases especially with the increasing population. Among these techniques, the advanced oxidation process (AOP) is a chemical process and has been widely researched in recent years. Selection of the right photocatalyst plays an important role in this method. Zinc oxide (ZnO) is one of the important photocatalysts. It is an important semiconductor material, which frequently used in optoelectronic and photocatalytic applications such as solar cells, photocatalysts, light-emitting diodes and sensors (Akçay N., Algün G., Kılıç N. U., Shawuti S., Can M. M.,2017; Goktas, A., 2018; Babur Y., Tumbul A., Yıldırım M., 2018; Jannesari M., Asemi M., Ghanaatshoar M., 2017). There are different ways to adapt the structural, surface and optical properties of ZnO to specific applications. These ways include doping, production technique conditions, type and concentration of chemicals used (Goktas, S., Tumbul, A., Goktas A., 2023; Ashraf R., Riaz S., Bashir M., Khan U., Naseem S., 2014; Goktas, A., Mutlu, I. H., Yamada, Y., & Celik, E., 2013).

Great efforts have been made to prepare ZnO-based thin films. For example, ZnO was produced by spray sputtering technique to examine the effect of starting chemicals on its structural, morphological and optical properties (Bacaksız, et al., 2007). It is reported taht the effect of the used amount of mono ethanol amine has huge effects on the structural and optical properties of the ZnO thin film. For example, the crystallization and surface morphology of the obtained ZnO thin films partially varied (Tumbul, A., 2019; Goktas, A., Aslan, F., & Mutlu, I. H., 2014). Sivakumar et al. (2012) have also observed similar effects: according to this study, when the pH of ZnO was increased from 4 to 10, the crystalline quality and grain size of ZnO increased. This is proved by XRD studies. In another study, the effect of the number of coatings on structural, surface and optical properties of ZnO thin films was examined. Nanorods, which were formed especially due to the starting chemical used (zinc chloride), were produced by the sol-gel method (Aslan, F., Tumbul, A., Göktaş, A., 2016).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

It is known that the methylene blue (MB) is one of the major organic dyes that are harmful to living life when it used in textile apllications. To decrease these effects several techniques have been utilized. Among them AOP is one most efficient technique, used in the presented technique to degrade the MB organic dye (Goktas, S., & Goktas, A., 2021; Goktas S., 2024). Therefore, this study, we have used ZnO nanorods due to their high surface volume ratio. In addition, to examine the affect of the stirring speed on the photocatalytic activity of the ZnO nanorods for the first time, this study has been done under UV-light radiation.

EXPERİMANTAL and METOD

Materials and Film preparation

ZnO nanorod thin films were produced by using Zinc chloride [$ZnCl_2$] (Merck, 99.99 %) chemical powder and were grown on glass substrates using the sol-gel dip coating technique. For this purpose, to prepare film samples, Zn chloride and ethylene glycol mono ethyl ether [$CH_3OCH_2CH_2OH$] (Aldrich 99.8 %) as well methanol starting chemicals were used in the specified purity without any pretreatment. Zn chloride chemical salts were prepared in ethylene glycol mono methyl ether (2-Methoxyethanol) solvent, in separate beakers and the chemical salts were dissolved by mixing the solutions. The pH of the obtained transparent solutions was adjusted by using ethanolamine. The final mixture solution was mixed with a magnetic stirrer for 24 hours under room conditions. The prepared solution was on pre-cleaned glass substrates by sol-gel immersion method at 400 ^oC in air. The deposited film was annealed at 500 ^oC for 1 h in air to crystallize the film samples.

For preparation of MB solution, 1.25 mg/L MM dye was dissolved in pure water with a magnetic stirrer in room conditions. The solution was mixed until it sufficiently dissolved. The pH of the mixture was regulated by NaOH. According to previous studies in the literature, MB shows the best photocatalytic activity at pH = 11 (Goktas S., 2024; Göktaş, S., 2023; Göktaş, S., & Sahin, G. 2023).

Characterization methods

An x-ray diffraction-XRD (Rigaku Ultima III (40 kV, 40 mA and 1.54 A◦)) diffractometer was used to investigate the crystal structures and possible oxide or foreign phases of ZnO thin films produced by the sol-gel coating method as detailed above. The surface morphology of ZnO thin films were analyzed by scanning electron microscope-SEM (Zeiss Evo 50, 200 kV). Additionally, elemental analysis was performed using energy dispersive x-ray (EDX) connected to SEM tool. Optical and photocatalytic behaviors of ZnO thin films were examined with a UV-Vis spectrophotometer (Perkin Elmer 45) in the wavelength range of desired.

The absorbance of the MB solution before and after different 30-min UV-lamp radiation exposure time was guided and examined using UV-Vis spectroscopy (PerkinElmer Lambda 25) based on the MB major distinctive absorption peak at 664 nm. Using ZnO photocatalysts, the photocatalytic activity of MB was calculated with the formula $\eta = [(1-(C/C_0))]x100$. Here, C_0

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

and C represent the main absorption peak of MB and the intensity of MB before and after photolysis, respectively.

Discussions and Results

The XRD result of ZnO-nanorod thin film is given in Figure 1. XRD result showed that the ZnO-nanorods thin films crystallized in the (002) oriented hexagonal ZnO crystal structure. It also showed that the film has polycrystalline nature (Aslan, F., Tumbul, A., Göktaş, A., 2016; Tumbul, A., 2019). Additionally, no foreign phase was found in the XRD analysis. The average crystal size calculated according to the Tauc equation is approximately 48 nm for ZnO nanorods.

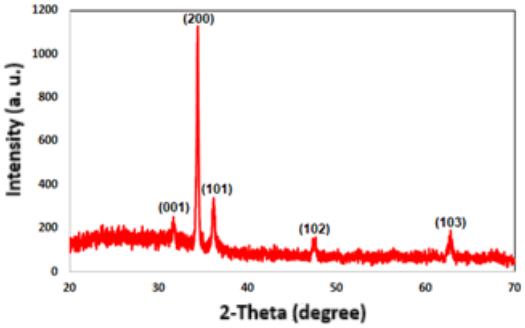


Figure-1. XRD pattern of the ZnO nanorods

In Figure-2a, SEM image of the nanrod film sample synthesized with zinc chloride precursor is given. As seen from this figure, the film prepared with zinc chloride has ZnO-nano rods and has dense surface, although it is slightly rough. The size of ZnO nanorods are relatively higher than the cerystallite size.

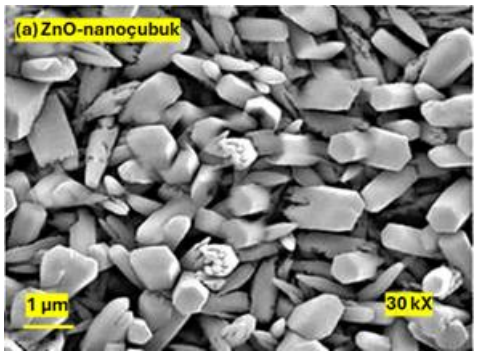


Figure-2. SEM facet micrograph of the ZnO nanorods

EDX analysis showed that in addition to the presence of Zn and O atoms in the films, there was also a Si atom (see Figure 3). As is known, the Si atom originates from the glass substrate used. The Zn and O ratios observed in the films are around 75, 65 and 24.35 %, respectively (see inset of Figure 3) and agree with the literature (Goktas, S., Tumbul, A., Goktas A., 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

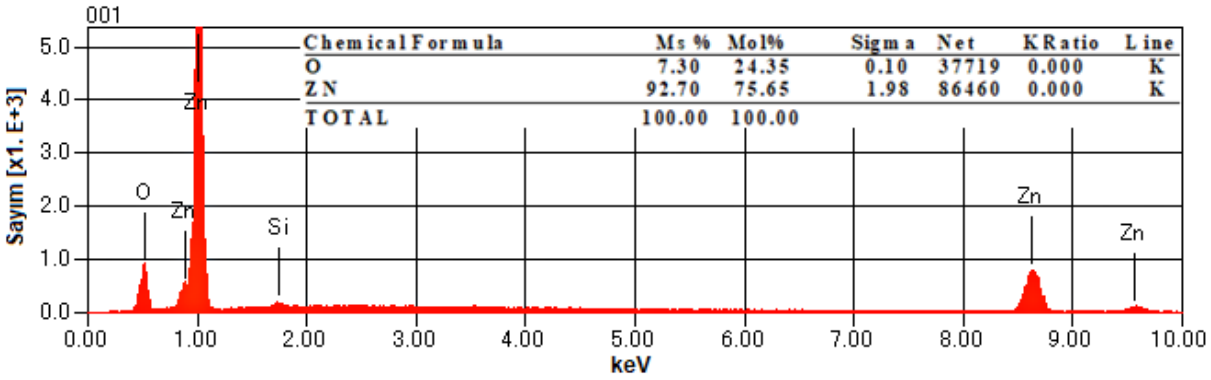


Figure-3. EDX spectra of the ZnO nanorods (inset shows the elemantal analysis).

For photocatalytic studies, the amount of ZnO-nanorod photocatalyst thin films immersed in MB solution was determined as ~0.4 mg/ml. The pH and concentration of the MB solution were adjusted to 11 with sodium hydroxide and pure water at 10g/L. The distance of the UV LED-lamp (64W) to the MB solution container was set as 3 cm. Additionally, the dimensions of all film-coated glasses in the solution were set to 1cm x6 cm. MB solution temperature was kept constant at room temperature. Before UV lamp radiation, the MB solution containing ZnO-nanorod photocatalyst was meticulously mixed with a magnetic stirrer and kept in the dark for 30 minutes to ensure absorption-deabsorption balance. The efficiency ZnO-nanorod photocatalyst was calculated using the formula $[C\text{-}C_0/C_0)]$ x 100; where C_0 and C are the optical absorption value of the MB at the characteristic 664 nm wavelength before and after exposure to UV light radiation, respectively (Poongodi, G., Anandan, P., Kumar, R.M., 2015; Göktaş, S., 2024).

In Figure 4a-b, the absorption plot of the MB solution exposed to UV light with photocatalyst at 30-minute intervals was given. As can be seen from the figure, the intensity of the MB major peak decreases monotonically over time. This is due to the excitement of ZnO-nanorod photocatalyst by UV light and the formation of electron-hole pairs. While some of the excited electrons return to the valence band through recombination, the remaining amount reacts with O_2 and OH^- on the surface, leading to the formation of reactive $\cdot O_2^-$ and ·OH. Finally, the MB organic molecules react with these reagents and turn into CO_2 and H_2O (Poongodi, G., Anandan, P., Kumar, R.M., 2015; Goktas, S., & Goktas, A., 2021).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

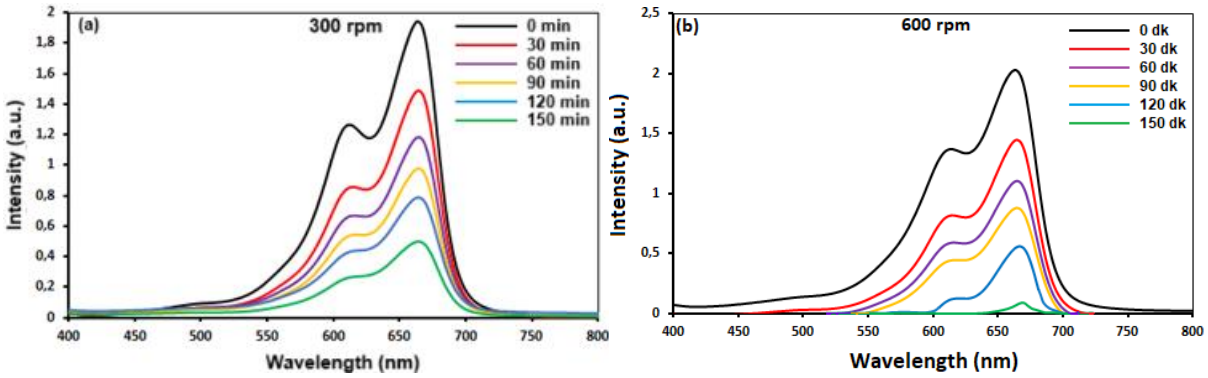


Figure-4. Fotodegradation of MB by ZnO nanorods for different magnetic stirring speed of (a) 300 and (b) 600 rpm under Uv-light irradiation at room conditions.

The efficiencies of ZnO-nanorod photocatalyst calculated using the photocatalyst efficiency formula mentioned above were found to be approximately 80 and 99 % for magnetic stirring speed of 300 and 600 rpm in 150 min, respectively. This result is compatible with the literature, but there is a slight difference because the amount of photocatalyst and MM concentration used in this study are relatively different compared to other studies. Additionally, the power and intensity of the UV-LED lamp used are low. An important result is that, compared to other studies, although the amount of photocatalyst material was low and low-intensity light was used, the MB degradation rate was still evident at the expected level (Chong MN, Jin B, Chow CWK, Saint C., 2020; Goktas, S., & Goktas, A., 2021).

REFERENCES

Akçay N., Algün G., Kılıç N. U., Shawuti S., Can M. M. (2017). Europium dependent absorption properties of Zn12(y+0.01) (Al0.01, Euy) O (y 50.00, 0.01, 0.03 and 0.05) thin films grown on the soda-lime glass substrates by spin coating. Journal of Materials Science: Materilas in Electronic, 28, 4492–4497.

Ashraf R., Riaz S., Bashir M., Khan U., Naseem S. (2014). Structural and Magnetic Properties of Mn/Fe co-Doped ZnO Thin Films Prepared by Sol–Gel Technique. IEEE Transaction Magnetism 50, 2401204.

Aslan, F., Tumbul, A., Göktaş, A. (2016). Growth of ZnO nanorod arrays by one-step sol–gel process. Journal of Sol-Gel Science Technology, 80, 389–395, 2016.

Bacaksiz, E., Parlak, M., Tomakin, M., Ozcelik A., Karakız, M., & Altunbas¸ M. (2008). The effects of zinc nitrate, zinc acetate and zinc chloride precursors on investigation of structural and optical properties of ZnO thin films. Journal of Alloys Compds, 466, 447–450.

Babur, Y., Tumbul, A., Yıldırım, M. (2028). Chemically derived $Zn_{0.90-x}Mn_{0.05}Fe_{0.05}Al_xO$ thin films: Tuning of crystallite/grain size, optical and dielectric constants and ferromagnetic properties through Al substitutions, Materials Science in Semiconductor Processing, 84, 1-9.

Chong MN, Jin B, Chow CWK, Saint C. (2020). Recent developments in photocatalytic water treatment technology: a review. Water Res 44:2997‑3027.

Goktas, S., Tumbul, A., Goktas A. (2023). Growth Technique–Induced Highly C-Axis-Oriented ZnO: Mn, Zno: Fe and ZnO: Co Thin Films: A Comparison of Nanostructure, Surface Morphology, Optical Band Gap, and Room Temperature Ferromagnetism. Journal of Superconductivity and Noval Magnetism, 36 (10), 1875-1892.

Goktas, A. (2018). High-quality solution-based Co and Cu co-doped ZnO nanocrystalline thin films: Comparison of the effects of air and argon annealing environments, Journal of Alloys and Compounds 735, 2038-2045.

Goktas, A., Aslan, F., & Mutlu, I. H. (2014). Effect of preparation technique on the selected characteristics of Zn1− xCoxO nanocrystalline thin films deposited by sol–gel and magnetron sputtering. Journal of alloys and compounds, 615, 765-778.

Goktas, A., Mutlu, I. H., Yamada, Y., & Celik, E. (2013). Influence of pH on the structural optical and magnetic properties of Zn1− xMnxO thin films grown by sol–gel method. Journal of alloys and compounds, 553, 259-266.

Goktas S. (2024). Synergic Effects of pH, Reaction Temperature, and Various Light Sources on the Photodegradation of Methylene Blue Without Photocatalyst: A Relatively High Degradation Efficiency. Chemistry Africa 7:4425–4437 4427.

Goktas, S., & Goktas, A. (2021). A comparative study on recent progress in efficient ZnO based nanocomposite and heterojunction photocatalysts: A review. Journal of Alloys and Compounds, 863, 158734.

Göktaş, A. (2007). Sol-jel metodu ile manyetik film yapımı ve karakterizasyonunun incelenmesi. Master's thesis, Harran University Institute of Science and Technology, Şanlıurfa.

Göktaş, A. (2013). II-IV tabanlı seyreltilmiş magnetik yarı iletken ince filmlerin yapısal, optiksel ve manyetik özelliklerinin incelenmesi/Investigation of structural, optical and magnetic properties of II-IV based diluted magnetic semiconductor thin films. Doctoral dissertation, Harran University Institute of Science and Technology, Şanlıurfa.

Göktaş, S. (2024). Synergic Effects of pH, Reaction Temperature, and Various Light Sources on the Photodegradation of Methylene Blue Without Photocatalyst: A Relatively High Degradation Efficiency. Chemistry Africa, 7, 4425–4437.

Göktaş, S. (2023). Metilen Mavisi Organik Boyasinin Güneş Işığında Katalizörsüz Yıkımı. International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences, 1, 364–367

Göktaş, S., & Sahin, G. (2023). Methylene blue concentration and pH-induced photocatalytic degradation of methylene blue without photocatalyst under visible light. International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches, 7(6), 176-181.

Jannesari M., Asemi M., Ghanaatshoar M. (2017). Sol–gel preparation of Fe and Al co-doped ZnO nanostructured materials Journal of Sol-Gel Science Technology, 83, 181–189.

Poongodi, G., Anandan, P., Kumar, R. M., Jayavel, R. (2015). Studies on visible light photocatalytic and antibacterial activities of nanostructured cobalt doped ZnO thin films prepared by sol–gel spin coating method. Spectrochim. Acta A Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 148, 237-243.

Goktas, A., Modanlı, S., Tumbul, A., Kilic, A. (2022). Facile synthesis and characterization of ZnO, ZnO: Co, and ZnO/ZnO: Co nano rod-like homojunction thin films: Role of crystallite/grain size and microstrain in photocatalytic performance, Journal of Alloys and Compounds, 893, 162334.

Tumbul, A. (2029). Effect of Monoethanolamine Content on the Crystallinity of ZnO Thin Films Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science, 14 (1), 155–164.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RADIATION DAMAGE-INDUCED PHASING ON INSULIN BY MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION METHOD

Asis. Prof. Dr. Mehmet Murat YAŞAR
Harran University, Vocational School of Health Services, Medical Services Department,
muratyasar@harran.edu.tr - 0000-0001-6211-0350

ABSTRACT

Insulin is a peptide hormone produced by the insulin gene. Insulin is responsible for regulating protein metabolism by assisting the absorption of glucose from the blood into various organ cells. Circulating insulin is also a hormone that affects protein synthesis in tissues. Crystallographic methods for determining the structure of other biomolecules have also been used for insulin. Radiation used in X-ray crystallographic method can sometimes affect some amino acids in the structures. Radiation Damage Induced Phasing (RIP) is one of the methods used to eliminate radiation-induced damage. In this study, it was aimed to determine the effect of the RIP method applied to insulin on the protein structure of insulin by simulation technique. GROMACS-2022 was preferred as the simulation program and 200 ns simulations were performed. Various analyses were performed using the outputs obtained as a result of the simulation. The analyses showed that the RIP method caused a difference in the fluctuation of some amino acids on the insulin structure.

Key Words: Insulin, Molecular Dynamics, RIP, Simulation.

1. INTRODUCTION

Insulin is a hormone that has been studied for many years and has a high importance in diabetes treatments. It has a protein structure consisting of a total of 51 residues and 2 chains [1]. According to studies, it is estimated that there are more than 500 million diabetic patients as of 2021 [2]. Insulin has an effect on many tissues and remains popular as a research element. In clinical and in-vitro studies, issues such as physiological, physiopathological effects of insulin on various tissues, effects on cell membrane-bound receptors have been investigated. Especially in skeletal-muscular systems, liver, different cell types and signalling mechanisms have been investigated [3]. X-ray crystallographic methods are used to determine the protein structures of biomolecules. The radiation dose used in X-ray crystallographic methods can cause radiation damage on structures. Various phasing methods are used to minimise the radiation damage that

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

may occur. One of these methods is the Radiation Damage Induced Phasing (RIP) technique [4]. In the RIP method, experiments are performed for the optimisation of structures that are likely to be damaged by radiation. This technique was reported to be useful in the early 2000s to obtain phase information for certain effects of radiation damage [5].

In this study, whether the RIP technique applied to the insulin protein, whose structure was determined by x-ray crystallographic method, affects the working mechanism of the protein was investigated by Molecular Dynamic Simulation (MDS) method. In the study, 2bn1 (insulin structure before RIP) and 2bn3 (insulin structure after RIP) coded insulin structures downloaded from Protein Data Bank were used [4]. Web-based interactive CHARMM-GUI was used to prepare the input files to be used in MDS. With the input files obtained, 200 ns simulations were performed for each protein structure through the GROMACS-2022 simulation programme. According to the results obtained, it was observed that there was a change in the movements of some amino acids.

2. MATERIAL & METHOD

In this study, insulin protein structures with pdb id codes 2bn1 and 2bn3 (Fig. 1) published in the RCSB Protein Data Bank were download [6]. The downloaded pdb extension files were uploaded to the CHARMM-GUI web server and input files were prepared [7]. While preparing the input files, box dimensions of 10*10*10 Angstrom were used. The body temperature was selected as 310 K. 15% NaCl ions were added [8,9].

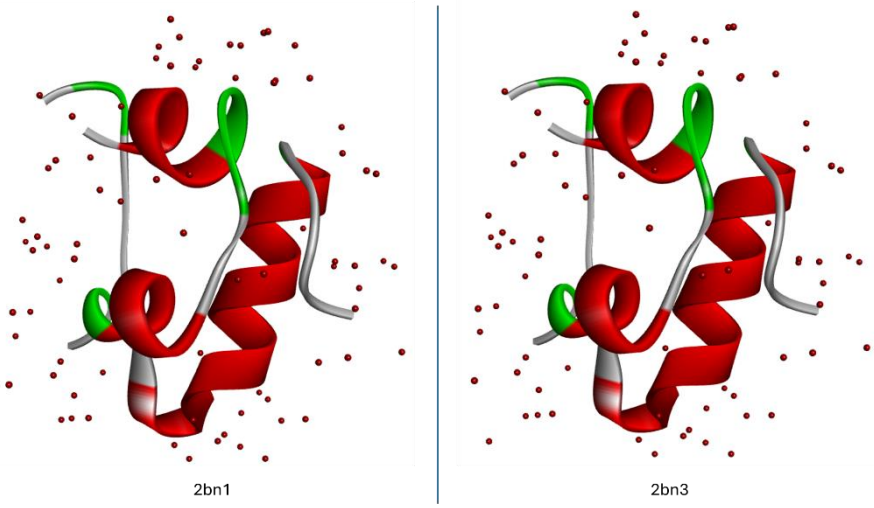


Figure 1. Protein structures of Insulin.

GROMACS-2022 simulation programme was used in the study. For both insulin protein structures (pdb_id: 2bn1, 2bn3), minimization was performed in 5000, equilibration in 125000 and production in 100 million steps. The production step was performed for a duration of 200 ns. Root Mean Square Deviation (RMSD), Root Mean Square Fluctiation (RMSF) and Radius of Gyration (Rg) analyses were performed using the simulation outputs.

3. RESULTS

The RMSD, Rg and RMSF plots obtained using the simulation outputs are as shown in Fig.-2,3,4. Black lines in the graphs belong to 2bn1 (before RIP) and red lines belong to 2bn3 (after RIP) insulin protein structures.

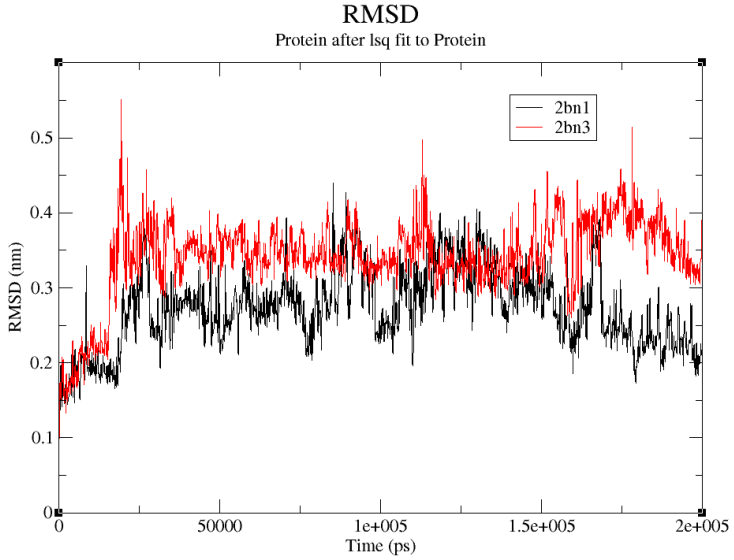


Figure-2 RMSD values of Insulin structures after MDS.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

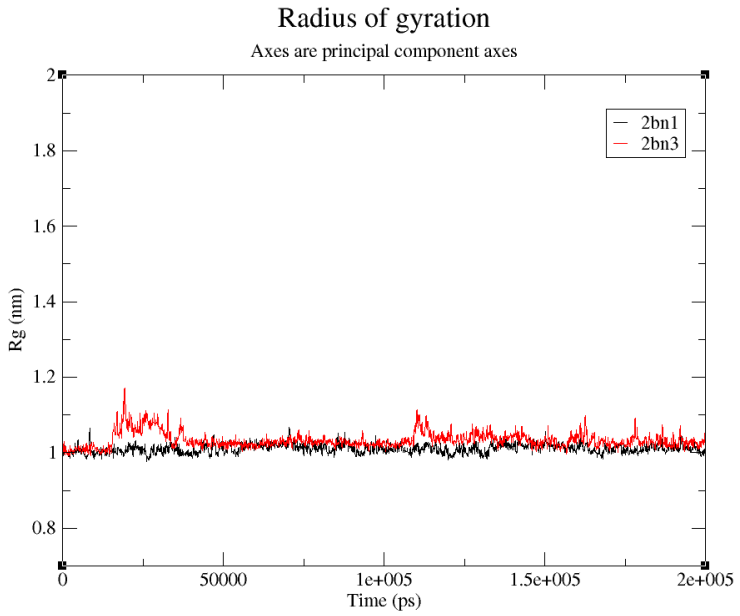


Figure-3 Rg values of Insulin structures after MDS.

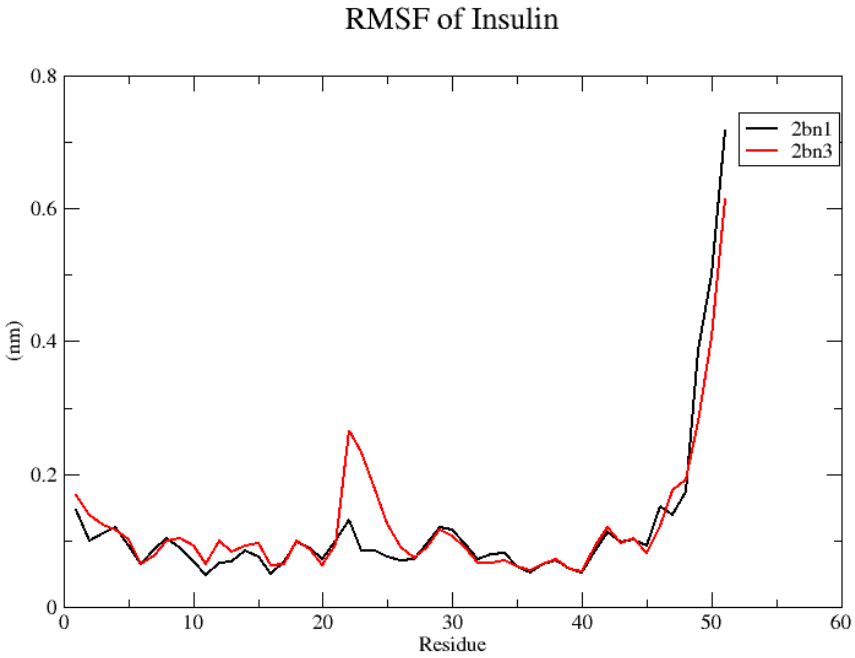


Figure-4 RMSF values of Insulin structures after MDS.

When the differences between the fluctuation movements of the 15 highest fluctuating amino acids in 2bn1 and 2bn3 structures were analysed, the values in Table-1 were obtained.

Table-1. Differences RMSF values of Insulin structures.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Residue Number	2bn1	2bn3	Diff.
23	0.0846	0.2334	0.1488
22	0.1318	0.266	0.1342
24	0.0855	0.1769	0.0914
25	0.0762	0.1247	0.0485
2	0.1002	0.1381	0.0379
47	0.1389	0.1746	0.0357
12	0.0666	0.1001	0.0335
10	0.0684	0.0918	0.0234
26	0.0693	0.0911	0.0218
1	0.1459	0.1673	0.0214
15	0.0753	0.0964	0.0211
48	0.1728	0.1915	0.0187
11	0.0473	0.0652	0.0179
9	0.0879	0.1042	0.0163
13	0.0687	0.0829	0.0142

4. DISCUSSION

In this study, it was investigated whether the RIP method applied to the insulin protein, whose X-ray crystallographic structure is known, has any effect on the protein. When the RMSD and Rg values obtained as a result of the simulation were examined, it was observed that the atoms in the structure moved slightly away from the centre of mass with the effect of RIP and the radius of gyration of the structure increased in some time periods. When the RMSF values were analysed, it was observed that the fluctuation amount of 30 out of 51 amino acids in the two chains in the protein structure increased. The most fluctuating amino acids were ILE2 in the A chain and VAL2, PHE1, ASN3, GLN4 and TYR26 in the B chain. Among these amino acids, especially VAL2 and PHE1 in chain B show more oscillations compared to others. The behaviour of VAL amino acid in protein structures is important since it has an active feature in the development of muscle structures and energy production, and PHE amino acid supports protein biosynthesis. The analyses showed an increase in the amount of fluctuation in about 59% of the residues. As a result of this situation, it can be said that the RIP method is slightly effective in the movement of insulin protein.

REFERENCES

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. Hirsch, I. B., Juneja, R., Beals, J. M., Antalis, C. J., & Wright Jr, E. E. (2020). The evolution of insulin and how it informs therapy and treatment choices. *Endocrine reviews*, *41*(5), 733-755.
2. Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., ... & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, *183*, 109119.
3. Petersen, M. C., & Shulman, G. I. (2018). Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiological reviews*.
4. Nanao, M. H., Sheldrick, G. M., & Ravelli, R. B. 2005. Improving radiation-damage substructures for RIP. Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography, 61(9), 1227-1237.
5. Ravelli, R. B. G., Leiros, H. K., Pan, B., Caffrey, M. & McSweeney, S. 2003. Structure, 11, 217–224.
6. RCSB PDB, 2024 https://www.rcsb.org/ Access Date: 08/11/2024.
7. Jo S., T. Kim, V.G. Iyer, and W. Im. 2008. CHARMM-GUI: A Web-based Graphical User Interface for CHARMM. J. Comput. Chem. 29:1859-1865.
8. Brooks B.R., C.L. Brooks III, A.D. MacKerell, Jr., L. Nilsson, R.J. Petrella, B. Roux, Y. Won, G. Archontis, C. Bartels, S. Boresch, A. Caflisch, L. Caves, Q. Cui, A.R. Dinner, M. Feig, S. Fischer, J. Gao, M. Hodoscek, W. Im, K. Kuczera, T. Lazaridis, J. Ma, V. Ovchinnikov, E. Paci, R.W. Pastor, C.B. Post, J.Z. Pu, M. Schaefer, B. Tidor, R. M. Venable, H. L. Woodcock, X. Wu, W. Yang, D.M. York, and M. Karplus. 2009. CHARMM: The Biomolecular Simulation Program. J. Comput. Chem. 30:1545-1614.
9. Lee J., X. Cheng, J.M. Swails, M.S. Yeom, P.K. Eastman, J.A. Lemkul, S. Wei, J. Buckner, J.C. Jeong, Y. Qi, S. Jo, V.S. Pande, D.A. Case, C.L. Brooks III, A.D. MacKerell Jr, J.B. Klauda, and W. Im. 2016. CHARMM-GUI Input Generator for NAMD, GROMACS, AMBER, OpenMM, and CHARMM/OpenMM Simulations using the CHARMM36 Additive Force Field. J. Chem. Theory Comput. 12:405-413.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CATALYTIC REDUCTION PROCESS AND PROSPECTS IN WATER TREATMENT

Nazli TURKTEN [1], Yunus KARATAS [2]

[1] Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Arts and Sciences, nazli.turkten@ahievran.edu.tr
ORCID ID – 0000-0001-9343-3697
[2] Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Arts and Sciences, ykaratas@ahievran.edu.tr
ORCID ID - 0000-0002-3826-463X

ABSTRACT

Water pollution caused by increased urbanization and industrial activities causes drastic problems in the ecosystem, human, health, and other living systems. Therefore, advances in water treatment technologies and catalyst design have become a global top priority. An effective water treatment process must be addressed to eliminate microorganisms, dyes, pharmaceuticals, and personal care products, among other contaminants. Conventional treatment methods are often inadequate in removing recalcitrant and high-risk organic pollutants. Among water treatment methods, the catalytic reduction process effectively reduces contaminants, resulting in non-toxic or significantly less toxic byproducts. Recent advances have been made particularly in the catalytic behavior of degrading aromatic nitro compounds through chemical reduction. This method provides a cost-effective and energy-efficient solution strategy. Metallic and polymer catalysts are commonly used in the presence of sodium borohydride, which acts as a reducing agent.

Keywords: Catalyst, catalytic reduction, dyes, nitrophenols, water treatment.

1. INTRODUCTION

Discharging untreated wastewater containing industrial and household waste causes significant impacts on the environment and public health. It is estimated that approximately 8% of untreated wastewater is to be released into the environment worldwide. The treatment of wastewater, particularly from industries such as textiles, petrochemicals, and pharmaceuticals, is a major area of research on a global scale. Although various physical, chemical, and biological treatment methods have been performed to address industrial wastewater, these

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

conventional methods have notable disadvantages. Physico-chemical treatments are multistage approaches with a required long retention time. Physical methods are adsorption, ion exchange, and membrane filtration. Flocculation and coagulation processes are widely used chemical methods. In this technique, pH modification is achieved using expensive chemicals, and the generation and disposal of sludge limit its application [1-5].

The biological methods include enzyme, bacteria, and fungal-assisted. Biological treatment is a cost-effective, and environmentally friendly process using microorganisms. The chemical effluents consist of dominantly different harmful complex organic and inorganic substances that cannot be adequately treated using biological processes [1, 6, 7].

Advanced oxidation processes (AOPs) are based on strong oxidant radical technology such as hydroxyl radical and sulfate radical formation. Ozonation is a process with high operating cost, especially used in drinking water treatment. The Fenton process involves hydroxyl electron transfer between hydrogen peroxide and Fe^{2+} in a highly acidic medium. Heterogeneous photocatalysis depends on the photoexcitation of a semiconductor surface that promotes electron/hole pairs and monitors hydroxyl attack on organic pollutants. Other most commonly used AOPs are sonochemical and electrochemical. The sonochemical method utilizes ultrasonic waves and additives in solution. In electrochemical AOPs, electrodes that contain iron are widely used [8-11].

Catalytic reduction is a promising water treatment that utilizes both heterogeneously catalyzed reduction and homogeneous catalysis. Homogeneous catalysis is not preferred in water treatment since a liquid-phase catalyst is used. Heterogeneously catalyzed reduction specifically refers to the process in which a solid substance acts as a catalyst. The reactants interact with a reducing agent on the catalyst surface to form the desired product and convert organic pollutants into less toxic materials [12, 13]. The heterogeneously catalyzed reduction process is referred to as “catalytic reduction” in this article.

2. CATALYTIC REDUCTION

The catalytic reduction process converts industrial effluents, especially containing nitroarene compounds, into commercial by-products that can be further used in different areas. In this process, *p*-nitroaniline is chemically reduced to *p*-phenylenediamine using $NaBH_4$ and a catalyst. Another widely studied model pollutant is p-nitrophenol and a complete conversion of *p*-aminophenol is achieved. Hence, this catalytic treatment has emerged as an economical, effective, and green approach. Various types of catalysts have been reported in this method,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

including metal oxides, noble metals, and polymeric materials. Recently, interest has focused on cost-effective and reusable catalysts rather than expensive noble catalysts such as Pd, Pt, and Au [14-17]. The preparation and characterization conditions of various catalysts used in the catalytic reduction method are presented in Table 1. The reaction conditions and pollutant model substrates are also described.

Table 1. Various Catalysts used in Catalytic Reduction

Catalyst Type	Preparation Method	Characterization	Substrate Concentration	Reaction Conditions	Ref.
CuO	Chemical precipitation	SEM XRD FT-IR Point of zero charge Reuse XRD XPS	MB: 0.15 mmol/L and 0.6 mmol/L	$NaBH_4$: 1.5 mmol/L, 3.4 mmol/L, 6.8 mmol/L pH: natural pH= ≈ 6.5 recycling test: 5 cycles catalyst: 1 mg, 2 mg, 3 mg Reaction solution: Total 3.5 mL 2 mL of MB 1.5 mL of $NaBH_4$ 1-3 mg catalyst	[17]
CuO CuO/PANI	CuO: sol-gel CuO/PANI: *in-situ* polymerization	SEM -EDX XRD FT-IR size distribution	MB: 5 ppm RhB: 5 ppm MO: 5 ppm MR: 5 ppm EBT: 5 ppm CV: 5 ppm EY: 5 ppm RB-5: 5 ppm 2-NP: 5 ppm 4-NP: 5 ppm 2,4-DNP: 5ppm Picric acid: 5 ppm	$NaBH_4$: 0.08 M (final conc.in rxn solution) H_2O_2: 0.03 M (final conc.in rxn solution) recycling test: - catalyst: 0.8 mg Reaction dye solution: Total 3.01 mL 3 mL of dye solution 0.01 mL of 30% H_2O_2 0.8 mg catalyst Reaction NP solution: Total 3.01 mL 3 mL NP solution 0.01 mL of 30% H_2O_2 0.01 g $NaBH_4$ 0.8 mg catalyst	[18]
Co doped ZnO	co-precipitation	SEM FT-IR BET Reused FT-IR	MB: 0.4 mM, 0.6 mM, 0.8 mM, 1 mM	$NaBH_4$: 4 mM, 6 mM, 8mM, 10 mM, recycling test: 4 cycles catalyst dose: 0.005 mM, 0.01 mM, 0.05 mM, 0.10 mM Reaction solution: Total 2.5 mL 1.4 mL of MB solution 0.7 mL $NaBH_4$ solution 0.4 mL catalyst solution	[19]

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$FeMnO_3$ PANI-$FeMnO_3$	PANI-$FeMnO_3$: *in-situ* chemical oxidative polymerization	SEM STEM XRD FT-IR	MB: 0.1 mM MO: 0.1 mM MR: 0.1 mM MG: 0.1 mM EBT: 0.1 mM CV: 0.1 mM RB-5: 0.1 mM CR: 0.1 mM 2-NP: 0.1 mM 4-NP: 0.1 mM 2,4-DNP: 0.1 mM Picric acid: 0.1 mM	$NaBH_4$: 0.01 g recycling test: 5 cycles catalyst: 0.01 g Reaction solution: Total 3 mL 3 mL of dye or NP 0.01 g $NaBH_4$ 0.01 g catalyst	[20]
SnO_2	using *Actinidia deliciosa (Kiwi)* peel extract	SEM-EDX TEM XRD FT-IR UV-vis Zeta potential	MB: 10^{-5} M MO: 10^{-5} M RhB: 10^{-5} M	$NaBH_4$: 0.1 M recycling test: centrifugation, 5 cycles catalyst: 5 mg Reaction solution: Total 3 mL 3 mL of dye solution 5 mg catalyst 50 µL 0.1M $NaBH_4$	[21]
CuO	CuO derived from *Aglaia elaeagnoidea* flower extract	SEM-EDX TEM XRD FT-IR TG-DSC Reuse ICPAES	MB:10^{-4} M CR: 10^{-4} M 4-NP: 10^{-3} M	$NaBH_4$: 0.01 M recycling test: centrifugation, 3 cycles, 90% catalyst: 5 mg/mL Reaction solution: Total 2 mL 1 mL dye or NP solution, 1 mL $NaBH_4$ solution, 150 µL/5 mg catalyst solution	[22]
CeO_2	CeO_2 nanostructure using *Picrasma quassioides* extract.	TEM XRD FT-IR XPS UV-vis	MB: 10^{-3} M	$NaBH_4$: 0.01 M recycling test: - Reaction solution: 5 mL of $NaBH_4$ solution 50 mL MB Stir 30 mg catalyst	[23]

2-nitrophenol: 2-NP, 4-nitrophenol: 4-NP, 2,4-dinitrophenol: 2,4-DNP, crystal violet: CV, congo red: CR, eosin yellow: EY, eriochrome black T: EBT, malachite green: MG, methylene blue: MB, methyl orange: MO, methyl red: MR, reactive black-5: RB-5, rhodamine B: RhB

3. CONCLUSIONS

Polymer-metal oxide composites have demonstreted effective chemical reduction in the field of the catalytic water treatment processes. Design of new, low-cost, and reusable catalytic

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

materials that can enable the efficient degradation of different organic contaminants in water through catalytic reduction.

REFERENCES

1. Dhamorikar, R.S., et al., Review on integrated advanced oxidation processes for water and wastewater treatment. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2024. 138: p. 104-122.
2. Bhatia, D., et al., Biological methods for textile dye removal from wastewater: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2017. 47(19): p. 1836-1876.
3. Liu, L., et al., Treatment of industrial dye wastewater and pharmaceutical residue wastewater by advanced oxidation processes and its combination with nanocatalysts: A review. Journal of Water Process Engineering, 2021. 42: p. 102122.
4. Islam, T., et al., Impact of textile dyes on health and ecosystem: a review of structure, causes, and potential solutions. Environmental Science and Pollution Research, 2023. 30(4): p. 9207-9242.
5. Kumari, H., et al., A Review on Photocatalysis Used For Wastewater Treatment: Dye Degradation. Water, Air, & Soil Pollution, 2023. 234(6): p. 349.
6. Solayman, H.M., et al., Performance evaluation of dye wastewater treatment technologies: A review. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2023. 11(3): p. 109610.
7. Machado, F., A.C.S.C. Teixeira, and L.A.M. Ruotolo, Critical review of Fenton and photo-Fenton wastewater treatment processes over the last two decades. International Journal of Environmental Science and Technology, 2023.
8. Salimi, M., et al., Contaminants of emerging concern: a review of new approach in AOP technologies. Environmental Monitoring and Assessment, 2017. 189(8): p. 414.
9. Zia, J. and U. Riaz, Photocatalytic degradation of water pollutants using conducting polymer-based nanohybrids: A review on recent trends and future prospects. Journal of Molecular Liquids, 2021. 340: p. 117162.
10. Oturan, M.A. and J.-J. Aaron, Advanced Oxidation Processes in Water/Wastewater Treatment: Principles and Applications. A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2014. 44(23): p. 2577-2641.
11. Ma, D., et al., Critical review of advanced oxidation processes in organic wastewater treatment. Chemosphere, 2021. 275: p. 130104.
12. Hu, M., et al., Catalytic reduction for water treatment. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2017. 12(1): p. 3.
13. Khan, M.S.J., et al., Catalytic innovations: Improving wastewater treatment and hydrogen generation technologies. Journal of Environmental Management, 2024. 354: p. 120228.

14. Pathak, J. and P. Singh, Zinc-Copper-Nickel Mixed Metal Oxide as Heterogeneous Catalytic Material for the Reductive Degradation of Nitroarene and Azo Dye. Catalysis Letters, 2024. 154(10): p. 5280-5293.
15. Naz, M., et al., Elimination of dyes by catalytic reduction in the absence of light: A review. Journal of Materials Science, 2021. 56(28): p. 15572-15608.
16. Bae, S., et al., Effect of $NaBH_4$ on properties of nanoscale zero-valent iron and its catalytic activity for reduction of p-nitrophenol. Applied Catalysis B: Environmental, 2016. 182: p. 541-549.
17. Benhadria, N., et al., Catalytic Reduction of Methylene Blue Dye by Copper Oxide Nanoparticles. Journal of Cluster Science, 2022. 33(1): p. 249-260.
18. Ammara, et al., CuO/PANI nanocomposite: an efficient catalyst for degradation and reduction of pollutants. Polymer Bulletin, 2024.
19. Din, M.I., et al., Synthesis and characterization of cobalt doped zinc oxide nanoparticles and their application for catalytic reduction of methylene blue dye. Desalination and Water Treatment, 2024. 317: p. 100002.
20. UlAin, Q., et al., Comparison of catalytic and fuel additive properties of bimetallic nanoparticles and its composite: $FeMnO_3$ and PANI-$FeMnO_3$. Materials Science in Semiconductor Processing, 2022. 144: p. 106630.
21. Gomathi, E., M. Jayapriya, and M. Arulmozhi, Environmental benign synthesis of tin oxide (SnO_2) nanoparticles using Actinidia deliciosa (Kiwi) peel extract with enhanced catalytic properties. Inorganic Chemistry Communications, 2021. 130: p. 108670.
22. Manjari, G., et al., Catalytic and recyclability properties of phytogenic copper oxide nanoparticles derived from Aglaia elaeagnoidea flower extract. Journal of Saudi Chemical Society, 2017. 21(5): p. 610-618.
23. Sreekanth, T.V.M., G.R. Dillip, and Y.R. Lee, Picrasma quassioides mediated cerium oxide nanostructures and their post-annealing treatment on the microstructural, morphological and enhanced catalytic performance. Ceramics International, 2016. 42(6): p. 6610-6618.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Atık Su Arıtımında Titanyum Dioksit, Demir Oksit ve Gümüş Oksit Nanopartiküllerinin Kullanımı ve Geri Kazanımı

Doktora Öğrencisi, Saynur ARSLAN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,

saynurkosearslan@gmail.com - 0009-0009-8675-8472

Prof. Dr., Meltem SARIOĞLU CEBECİ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,

sarioglu@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0002-3636-0388

ÖZET

Titanyum dioksit (TiO_2), demir oksit ve gümüş oksit, atık su arıtımında kullanılan önemli malzemelerdir. Bu malzemeler, kimyasal çöktürme, sol-jel ve hidrotermal gibi yöntemlerle sentezlenmektedir. Bu sentez yöntemleri, malzemelerin yüzey alanlarını artırarak fotokatalitik etkinliklerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Fotokatalitik uygulamalarda, TiO_2 ışık enerjisini kullanarak organik ve inorganik kirleticilerin kimyasal bozunmasını sağlar. Bununla birlikte, yalnızca ultraviyole (UV) ışık altında etkin olması, görünür ışık kullanımını sınırlamaktadır. Demir oksit nanopartikülleri ise, ağır metallerin ve zararlı boyaların giderilmesinde etkili bir rol oynar. Manyetik özellikleri sayesinde ayrıştırılması ve geri kazanılması oldukça kolaydır. Ancak bu nanopartiküller, zamanla agregasyon oluşturarak etkinliklerini azaltabilir. Gümüş oksit ise patojenlerin gideriminde etkili antimikrobiyal özelliklere sahiptir ve organik kirleticilerin bozulmasında önemli bir rol oynar. Bununla birlikte, çevresel birikim ve toksisite sorunları gündeme gelebilir. Gelecekte, bu malzemelerin hibrit sistemlerde kullanılması, çevre dostu ve ekonomik yöntemlerin geliştirilmesi önem taşımaktadır. TiO_2'nin metal katkılı yapılarla desteklenmesi, görünür ışık etkinliğini artırabilir. Ayrıca, uzun vadeli araştırmalar, bu malzemelerin endüstriyel kullanım potansiyelini daha da artıracak ve sürdürülebilir atık su arıtma teknolojilerinin gelişimini hızlandıracaktır.

Anahtar Kelimeler : Arıtım, Atık su, Nanopartikül, Fotokatalitik, Sürdürülebilirlik

1. GİRİŞ

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Atık su arıtımı, patojenlerin toksik etkileri ve atık su kirliliğinin insanlar, tarım ve hayvanlar üzerindeki olumsuz sonuçları nedeniyle kritik bir çevresel ve halk sağlığı sorunu olarak öne çıkmaktadır. Su kaynaklarının korunması, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve halk sağlığının korunması gibi temel hedefler doğrultusunda atık su arıtımı kritik öneme sahiptir. Atık su arıtımı süreci, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin tek başına veya bir arada kullanılmasıyla sudaki kirleticilerin etkin bir şekilde giderilmesini amaçlar (1, 2). Bu bağlamda, nanomalzemeler, organik ve inorganik kirleticilerin, ağır metallerin ve mikroorganizmaların giderilmesinde çok yönlü ve etkili bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir.

Nanoteknoloji, geleneksel yöntemlere kıyasla katalitik aktivite, yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve ayarlanabilir gözenek yapıları gibi belirgin avantajlar sunarak, su ve atık su arıtımı için verimli ve esnek çözümler sağlamaktadır. Ekonomik olarak ölçeklenebilir yapısı sayesinde nanomalzemeler, mevcut su kaynaklarını temizlemekle kalmayıp, aşırı derecede kirli ve yenilenmesi zor olan kaynaklar için de etkili bir potansiyel sunmaktadır.

Nanomalzemeler, yüzey kimyası ve nanoyapısal özellikleri sayesinde yüksek adsorpsiyon kapasitesi, katalitik aktivite ve geniş özgül yüzey alanı gibi avantajlar sunarak su arıtımı süreçlerinde çok yönlü uygulamalara imkan tanımaktadır. Bu özellikler, organik kirleticilerin etkin giderimi ve reaktif etkileşimlerin artırılması için nanomalzemeleri öne çıkarmaktadır (3). Ayrıca, yüksek reaktiviteye sahip olmaları, nanomalzemeleri çevresel uygulamalarda artan bir ilgi odağı haline getirmiş ve su arıtma teknolojilerinde kayda değer gelişmelerin önünü açmıştır (4).

Nanopartiküller, boyutları, şekilleri ve kimyasal ile fiziksel özelliklerine göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Bu gruplar arasında yarı iletken, seramik, polimerik, karbon bazlı, lipit bazlı ve metal nanopartiküller yer almaktadır. Metal oksit nanopartiküller, özellikle demir oksit, gümüş oksit ve titanyum oksit, atık su arıtımı uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır.

Titanyum dioksit (TiO_2), adsorpsiyon, fotokatalitik aktivite, antibakteriyel ve antifungal uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Gümüş oksit (Ag_2O), antimikrobiyal ve fotokatalitik işlemlerde tercih edilirken, demir oksit ise ağırlıklı olarak adsorpsiyon süreçlerinde etkinlik göstermektedir.

Yang ve arkadaşları, derlemelerinde nano çinko oksit (ZnO), gümüş nanopartiküller (AgNPs), nano sıfır değerlikli demir ve nano TiO_2 gibi dört farklı nanopartikül türünün atık su arıtımı ve anaerobik çürütme süreçlerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu çalışma, metal ve metal oksit ile metal olmayan oksit nanopartiküllerin atık su arıtma sistemlerine ve anaerobik çamur çürütme mekanizmalarına olan etkilerini ele almaktadır (5).

Fujishima ve Honda, 1972 yılında ultraviyole ışık altında bir TiO_2 elektrot üzerinde fotokatalitik su ayrışmasını keşfetmiştir. Bu buluş, fotovoltaik sistemler, fotokataliz, fotochromik malzemeler ve sensörler gibi enerji ve çevre teknolojileri alanlarında birçok yenilikçi uygulamanın temelini oluşturmuştur (6).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Günümüzde TiO_2, pigmentler, güneş kremleri, boyalar ve diş macunları gibi ticari ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu geniş uygulama alanı, hem kimyasal hem de fiziksel özelliklerinin çok yönlülüğünü yansıtmaktadır (7).

Demir oksit nanomalzemeler ise, düşük maliyetleri, yüksek adsorpsiyon kapasiteleri, kolay ayrılabilirlikleri ve artırılmış stabiliteleri nedeniyle endüstriyel ölçekli atık su arıtımı için umut vaat etmektedir. Bu nanomalzemelerin kirleticileri giderme kapasiteleri hem laboratuvar hem de saha testleriyle kanıtlanmıştır (8).

Yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip gümüş nanopartiküllerde, hem sulu hem de katı ortamlarda bakteriyel gelişimi önlemede oldukça etkilidir. Gümüş içeren malzemeler, tekstil liflerinden mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında veya su arıtımında uygulanabilir. Gümüş ve gümüş bazlı bileşiklerin mikroorganizmalara karşı son derece toksik olduğu ve Escherichia coli dahil olmak üzere 12 farklı bakteri türüne karşı önemli biyosidal etkiler sergilediği belirtilmiştir (9).

Bu çalışmada, titanyum dioksit, demir oksit ve gümüş oksit metal oksit nanopartiküllerinin sentezi, atık su arıtımındaki kullanımları ve geri kazanımları incelenmiştir.

2. NANOPARTİKÜLLERİN SENTEZİ

2.1. Titanyum Dioksit Nanopartiküllerinin Sentezi

Titanyım dioksit (TiO_2), anataz, rutil ve brokit olmak üzere üç farklı kristal yapıya sahiptir. Bu yapılar arasında anataz, yüksek fotokatalitik aktivitesi nedeniyle fotokatalizör olarak kullanılmaktadır (10).

Çeşitli boyut ve morfolojilere sahip titanyum dioksit nanoyapılarının sentezinde en sık tercih edilen yöntemler arasında sol-jel, mikroemülsiyon, hidrotermal, solvotermal ve yöntemler yer almaktadır.

Sol-jel yöntemi, inorganik polimerizasyon reaksiyonlarına dayanan bir süreçtir ve dört ana aşamadan oluşur: hidroliz, polikondenzasyon, kurutma ve termal ayrışma. Bu yöntemde, metal veya metal olmayan alkoksit öncülleri su veya alkol ile hidrolize edilir. Hidroliz süreci, su ve alkolün yanı sıra bir asit veya bazın eklenmesiyle hızlandırılabilir. Çözeltinin jel haline dönüşmesinden sonra, içindeki çözücü uzaklaştırılır (7).

Kolloid içerisindeki parçacıkların boyutu, çözelti bileşimi, pH ve sıcaklık gibi faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerin kontrolü, parçacık boyutunun istenen şekilde ayarlanmasını sağlar (11).

Mutuma ve arkadaşları, düşük sıcaklıkta sol-jel yöntemi kullanarak ve titanyum dioksit kristal polimorflarının çeşitli karışımlarından faydalanarak titanyum dioksit nanopartiküllerini geliştirmiştir. Örnekler, 200–800°C sıcaklık aralığında kalsinasyon işlemiyle elde edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Örneğin, pH'ın düzenlendiği ve sıcaklığın 800°C olduğu koşullarda anataz-rutil karışımı elde edilirken, 600°C üzerindeki sıcaklıklarda anataz-rutil-brokit karışımı elde edilmiştir (12).

Sol-jel yöntemi pek çok avantaj sunmasına rağmen bazı dezavantajları da vardır. Bu yöntem, jel oluşum sürecinin yavaş ilerlemesi nedeniyle zaman alıcıdır ve kullanılan öncül maddelerin maliyeti genellikle yüksektir (13).

Mikroemülsiyon, su ve yağ gibi birbiriyle karışmayan iki sıvının, yüzey aktif maddeler yardımıyla stabilize edilerek termodinamik olarak kararlı ve optik açıdan şeffaf bir karışım oluşturmasıdır. Nanopartiküllerin üretimi için mikro-heterojen bir ortam sağlar. Erken dönem çalışmalar umut vaat edici sonuçlar ortaya koysa da, mikroemülsiyonlardan kontrollü TiO_2 sentezi üzerine yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır (14) (15).

Solvotermal ve hidrotermal yöntemler, TiO_2 nanopartiküllerinin boyut, morfoloji ve kristal yapısının kontrollü bir şekilde sentezlenmesinde yaygın olarak kullanılan tekniklerdir. Her iki yöntemde de, titanyum kaynağı içeren bir öncül çözeltisi, uygun bir çözücü ile birlikte reaksiyon kabına yerleştirilir ve yüksek sıcaklık ile basınç koşullarında işlem görür. Solvotermal yöntemde organik çözücüler kullanılırken, hidrotermal yöntemde çözücü olarak su tercih edilmektedir (16). Kobayashi, hidrotermal yöntemde suya çözünür titanyum kompleksleri kullanarak farklı polimorflar ve istenen özelliklere sahip kristal yapılar üretmiştir (17).

Elektrokimyasal sentez, epitaksiyal, süper örgü (superlattice), kuantum noktası ve nanoporlu gibi gelişmiş ince filmleri üretmek için çok yönlü ve düşük sıcaklıkta bir yöntem sunar. Bu yöntemde, potansiyel, akım yoğunluğu, sıcaklık ve pH gibi elektroliz parametreleri ayarlanarak filmlerin özellikleri kolayca kontrol edilebilir (7). Sun ve arkadaşları, Fe^{3+} katkılı TiO_2 nanotüp filmlerini elektrokimyasal anot oksidasyonu ile üretmiş ve Fe^{3+} katkısının UV ışığı altında fotokatalitik aktiviteyi artırdığını gözlemlemiştir (18).

2.2. Demir Oksit Nanopartiküllerinin Sentezi

Demir oksit, doğada bol miktarda bulunan bir mineral bileşiğidir ve farklı kristal yapıların yanı sıra çeşitli yapısal ve manyetik özellikler sergiler. Bu minerallerin en yaygın formları hematit (α-Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4) ve maghemit (γ-Fe_2O_3) olarak bilinir.

Demir oksit nanopartiküllerinin sentezlenmesinde genellikle çöktürme,mikroemilsiyon,sol-jel hidrotermal ve solvotermal yöntemleri kullanılmaktadır.

Çöktürme yöntemi, manyetit ve maghemit gibi manyetik demir oksit nanopartiküllerinin üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu yöntem, Fe(II) ve Fe(III) tuzlarının stokiyometrik bir karışımının, bazik bir ortamda sodyum hidroksit (NaOH) veya amonyum hidroksit (NH_4OH) kullanılarak çöktürülmesine dayanır. Elde edilen nanopartiküllerin boyutu genellikle 5 ila 20 nm arasında değişmektdir. Deneysel koşullar, kullanılan tuz türü (klorür,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sülfat, nitrat veya perklorat) ve Fe^{2+}/Fe^{3+} oranına bağlıdır. Ayrıca, pH, ortamın iyonik gücü ve reaksiyon sıcaklığı gibi parametrelerin optimize edilmesi, nanopartiküllerin boyutunu, özelliklerini ve yüzey yapılarını kontrol etmede kritik bir rol oynar (19). Bu yöntem, hızlı bir işlem süreci sunmasının yanı sıra, koruyucu bir kaplama olmadan aglomerasyon riski taşır. Bununla birlikte, düşük maliyetli olması, bu yöntemi tercih edilir kılan başlıca avantajlardan biridir (20).

Demir oksit nanopartiküllerinin mikroemülsiyon yöntemi ile sentezlenmesi, yağ, su ve yüzey aktif maddelerin kullanımını içermektedir. Bu yöntemin avantajı, parçacık boyutunun etkin bir şekilde kontrol edilebilmesidir; ancak dezavantaj olarak büyük miktarda çözücü kullanımı gerekmektedir. Bumajdad ve arkadaşları, mikroemülsiyon yöntemiyle katalitik demir oksit sentezinin başarıyla gerçekleştirildiğini ve bu yöntemle 4 ila 15 nm arasında dar gözenek boyut dağılımına, kübik veya küresel morfolojiye ve yüksek yüzey alanına sahip parçacıkların üretilebildiğini ortaya koymuştur (21).

Sol-jel yöntemi ise düşük sıcaklık ve enerji gereksinimi nedeniyle fiziksel yöntemlere kıyasla daha ekonomik bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Bu yöntemle nanopartiküllerin şekli ve boyutu etkin bir şekilde kontrol edilebilmekte ve elde edilen malzemelerin özellikleri önceden belirlenmiş yapılarla uyumlu olacak şekilde ayarlanabilmektedir (22).

Hidrotermal ve solvotermal yöntemlerle demir oksit nanopartiküllerinin sentezi, demir tuzları ve yüzey aktif maddeler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler, dar boyut dağılımı ve iyi şekil kontrolü sağlamalarıyla öne çıkmaktadır. Ancak, reaksiyon süresinin uzun olması, bu yöntemlerin temel dezavantajlarından biri olarak değerlendirilmektedir (20).

2.3. Gümüş Oksit Nanopartiküllerinin Sentezi

Gümüş oksit nanopartikülleri geniş uygulama alanlarına sahip olmaları nedeniyle bilim dünyasında büyük ilgi görmektedir. Gümüş oksit nanopartiküllerinin boyutları mikro ölçeğin altındadır, bu da onların yüzey alanlarının göreceli olarak hacimlerine kıyasla çok büyük olmasına neden olur. Nanopartiküllerin bu yüksek yüzey alanı/hacim oranı, onların etrafındaki ortamla daha fazla etkileşime girmesini sağlar. Bu özellikler, gümüş oksit nanopartiküllerini kataliz, optoelektronik ve elektronik gibi alanlarda değerli kılar. Ayrıca, bu nanopartiküllerin potansiyel uygulamaları çevresel alanları da kapsayarak su arıtımı ve hava filtreleme gibi önemli işlevlere hizmet edebilir (9).

Bu nanopartiküller, fiziksel, kimyasal ve biyosentetik olmak üzere üç ana yöntemle sentezlenebilir. Fiziksel yöntemler arasında buhar biriktirme ve sonokimyasal yöntemler; kimyasal yöntemler arasında ise kimyasal indirgeme, sol-jel ve çöktürme metotları bulunmaktadır. Biyosentetik yöntemler ise bitkiler, bakteriler, mantarlar ve diğer mikrobiyal organizmaları kaplayıcı veya stabilize edici ajan olarak kullanır, bu da bu yöntemi çevre dostu kılar (23).

Geleneksel fiziksel ve kimyasal yöntemler, genellikle tehlikeli kimyasallar kullanımını gerektirir ve bu da yöntemleri toksik ve maliyetli hale getirir. Bu sorunlar, araştırmacıları daha

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

güvenli, maliyet etkin ve basit alternatifler aramaya itmiştir. Bu bağlamda, yeşil sentez veya biyosentez yöntemi, nanopartiküllerin vitaminler, şekerler, bitki ekstraktları ve mikroorganizmalar gibi doğal reaktifler kullanılarak sentezlenmesini mümkün kılar. Yeşil sentez yöntemi, kimyasal ve fiziksel yöntemlere göre daha az toksik, daha düşük sıcaklık ve basınç gerektiren bir yaklaşımdır (24).

Son dönem araştırmalar, yeşil sentez yönteminin basitliği, toksik olmayan doğası ve çevre dostu özellikleri nedeniyle fiziksel ve kimyasal yöntemlere üstün bir alternatif sunabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, gümüş oksit nanopartiküllerinin üretimi için yeşil sentez yöntemleri giderek daha fazla tercih edilmektedir.

Danish ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, gümüş oksit nanopartiküllerinin yeşil sentez yöntemleriyle üretimi araştırılmış ve bu yöntemin çevresel kirliliklerin fotokatalitik temizlenmesi ile biyomedikal uygulamalarda etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada, bitki ekstraktları ve mikrobiyal kaynaklar kullanılarak hazırlanan Ag_2O nanopartiküllerinin çevre dostu, toksik olmayan ve maliyet etkin özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu nanopartiküllerin organik kirleticilerin fotokatalitik bozunmasında ve antimikrobiyal etkinliklerinde yüksek performans sergilediği rapor edilmiştir (25). Görsel 1 de bu çalışmada değinilen nanopartiküllerin görüntüsü verilmiştir.



Görsel 1. Titanyum dioksit, demir oksit ve gümüş oksit nanopartiküllerinin görsel gösterimi.

3. TİTANYUM DİOKSİT, DEMİR OKSİT VE GÜMÜŞ OKSİT NANOPARTİKÜLLERİN ATIK SU ARITIMINDAKİ KULLANIMI VE ZORLUKLARI

Günümüzde ilaçlar, antibiyotikler, pestisitler, aromatik bileşikler, mikrokirleticiler ve boyalar gibi tehlikeli kirleticilerin çevreye salınımı, ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu kirleticilerin kontrol altına alınması ve giderilmesi, küresel

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ölçekte ele alınması gereken önemli bir sorundur. Bunun yanı sıra, suda bulunan birçok organik ve inorganik kirletici, kimyasal yapılarının kararlılığı nedeniyle biyolojik olarak parçalanmaya direnç göstermektedir. Bu durum, daha etkili ve yenilikçi arıtma yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (26). Metal oksitler, çevresel kirleticilerin giderilmesi ve organik bileşiklerin ayrıştırılması konusunda önemli bir role sahiptir. Bu bağlamda fotokatalitik ayrıştırma yöntemi, yüksek verimliliği, toksik yan ürün oluşturmaması, çevre dostu yapısı ve yeniden kullanılabilirlik özellikleri ile dikkat çekmektedir. Titanyum dioksit, UV ışığı altında yüksek fotokatalitik aktivitesi, toksik olmaması ve kimyasal stabilitesi sayesinde sucul ortamlardaki kirleticilerin giderilmesinde geniş çapta kullanılmaktadır (27).

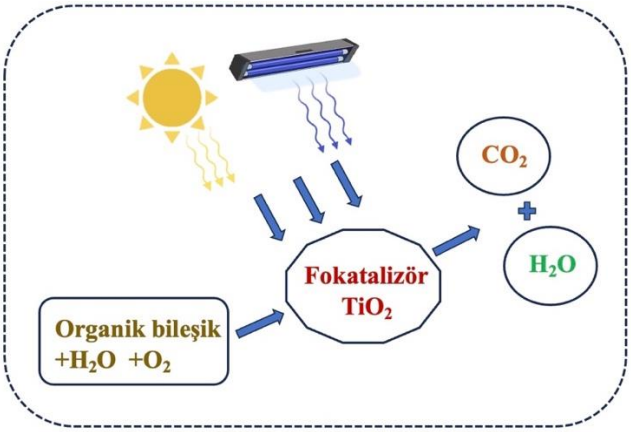
Titanyum dioksit, 3,20 eV'lik bant aralığı sayesinde UV ışığı altında fotokatalitik özellikler göstermektedir. Bu süreçte, süperoksit ve hidroksil radikalleri üretilir ve bu radikaller, zararlı organik kirleticileri daha basit bileşiklere, yani su (H_2O) ve karbondioksite (CO_2), dönüştürmektedir (28). Buna ek olarak, titanyum dioksit, ağır metal gideriminde de etkili bir materyaldir. Kurşun, kadmiyum ve cıva gibi toksik ağır metallerin uzaklaştırılmasında yüksek adsorpsiyon kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Geniş yüzey alanı, fotokatalitik aktivitesini artırarak kirleticilerin ayrışmasını kolaylaştırmaktadır. Üstelik, TiO_2'nin ortam koşullarında çalışabilme özelliği, büyük ölçekli atık su arıtma uygulamaları için ideal bir çözüm sunmaktadır. Bunun yanı sıra, tekstil boyaları gibi dirençli kirleticiler üzerinde de yüksek verimlilik sağlamaktadır (29).

Birçok araştırmacı, TiO_2 fotokatalizörlerin performansını artırmak için farklı yöntemler geliştirmiştir. Bu kapsamda, TiO_2, metaller, metal oksitler veya ametallerle modifiye edilmiş ve silika, alümina, zeolit gibi gözenekli malzemelerle birleştirilmiştir. Fotokatalitik etkinliğini artırmak amacıyla, TiO_2'nin gümüş (Ag), kobalt (Co) ve azot (N) gibi elementlerle katkılandırılması ve sol-jel, hidrotermal veya elektrospinning gibi çeşitli üretim teknikleriyle sentezlenmesi sıkça tercih edilmiştir. Bu modifikasyonlar, yarı iletken bant aralığının daraltılması ve elektron-hol (e^-/h^+) rekombinasyonunun engellenmesi sayesinde, daha yüksek fotokatalitik aktivite ve kirleticilerin daha hızlı bozunmasını sağlamaktadır (26, 28).

Ancak, TiO_2 nanopartiküllerinin çevresel etkileri de önemli bir araştırma konusu olarak dikkat çekmektedir. Örneğin, ışığa maruz kaldıklarında, TiO_2 nanopartikülleri, kirleticilerin parçalanmasını kolaylaştıran reaktif oksijen türleri (ROS) üretebilmektedir. Bozunma sürecinde temel bir role sahip olan ROS, TiO_2 nanopartiküllerinin çevreye yüksek miktarlarda salınması durumunda sucul organizmalarda oksidatif strese neden olabilmektedir (30).

Ayrıca, TiO_2 nanopartiküllerinin solunması, özellikle üretim ve işleme aşamalarında çalışanlar için sağlık riski oluşturabilir. Uzun süreli maruz kalma, solunum sorunları, akciğer iltihabı ve kanser riskini artırabilir. Bu tehlikeleri önlemek için, iş yerlerinde kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve mühendislik önlemleri gibi koruyucu tedbirlerin alınması gerekmektedir (31). Görsel 2' de TiO_2 fotokatalizörü kullanılarak fotokatalitik süreç verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Fotokatalitik süreç: TiO_2 fotokatalizörü kullanılarak organik kirleticilerin ışık enerjisi (UV veya güneş ışığı) altında CO_2 ve H_2O'ya dönüşüm mekanizması.

Atık su sisteminden kirleticileri uzaklaştırmak için kimyasal çöktürme, iyon değişimi, membran ayırma, filtrasyon ve adsorpsiyon gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında, adsorpsiyon tekniği basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu yöntem, adsorban maddelerin atık suya eklenmesiyle çalışır ve ağır metaller, elektronegatif yük farkı nedeniyle adsorbana bağlanır. Son yıllarda, demir bazlı nanomalzemelerin ağır metallerin, boyaların ve hem organik hem de inorganik bileşiklerin giderilmesinde yüksek adsorpsiyon kapasitesi sunduğu görülmüştür (32).

Demir oksit nanopartikülleri, kirli suyun arıtımında genellikle iki temel şekilde kullanılmaktadır. Birinci yöntemde, bu malzemeler, kirleticilerin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak için nanosorbent veya immobilizasyon taşıyıcısı olarak işlev görür ve arıtma verimliliğini artırır. Bu yaklaşımlar, genelde adsorpsiyon ve immobilizasyon teknolojileri olarak adlandırılmaktadır. İkinci yöntemde ise demir oksit nanopartikülleri, kirleticilerin parçalanmasını veya daha az toksik bileşiklere dönüştürülmesini sağlamak amacıyla fotokatalizör olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, birçok uygulamanın bu iki yöntemi bir arada kullanabildiği de unutulmamalıdır (8).

Cheng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 60 nm boyutundaki magemit (γ-Fe_2O_3) nanopartikülleri sentezlenmiş ve bu nanopartiküllerin endüstriyel atık sulardan Pb^{2+} iyonlarının giderimi üzerindeki etkinliği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Analizler, adsorpsiyon sürecinin oldukça hızlı gerçekleştiğini ve magemit nanopartiküllerinin ağır metal giderimi için etkili ve güvenilir bir nanoadsorban olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur (33).

Demir oksit nanomalzemeler, yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve hızlı kirletici giderme yetenekleri ile atık su arıtımında etkili olmasına rağmen, yüksek üretim maliyetleri ve ticari ölçekli uygulamalara yönelik eksiklikler sınırlayıcı faktörlerdir. Çevresel etkiler, özellikle sucul ortamlara salınımları ve nanotoksisite riskleri üzerine araştırmalar önemlidir. Ayrıca,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

biyomedikal ve kataliz gibi alanlarda da potansiyel sunarak, aktif karbon ile kombinasyonları adsorpsiyon performansını artırmaktadır. Bu nanomalzemelerin çok fonksiyonlu uygulamaları, çevresel iyileştirme gibi alanlarda önemli değişimler yaratma potansiyeline sahiptir (34).

Gümüş nanopartikülleri ve hibritleri, atık su arıtımında etkili bir alternatif olarak ilgi görmektedir. Boyalar, ağır metaller ve zararlı bakteriler, su kirliliğine neden olan başlıca kirleticilerdir. AgNP'ler, antimikrobiyal özellikleri ve yüksek adsorpsiyon kapasiteleri sayesinde bu kirleticilerin giderilmesinde kullanılmaktadır. Ancak, dikkatsiz kullanım çevresel kirliliği artırabilir, bu nedenle AgNP'lerin özelliklerinin dikkatli bir şekilde kullanılması önemlidir (35).

Örneğin, Michael A. Perez'in yaptığı çalışmada, gümüş nanopartiküllerinin atık su arıtımı ve *Escherichia coli* büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yüksek konsantrasyonlardaki gümüş nanopartiküllerinin bakteriyel büyümeyi baskıladığı, ancak su kalite parametrelerinde belirgin bir değişikliğe yol açmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, gümüş nanopartiküllerinin atık su arıtımında etkili bir ajan olabileceğini, ancak çevresel etkilerinin dikkatlice değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (36).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, titanyum dioksit (TiO_2), demir oksit ve gümüş oksit nanopartiküllerinin atık su arıtımındaki kullanımları ve geri kazanımları incelenmiştir. Her üç malzeme de fotokatalitik etkinlikleri, yüksek adsorpsiyon kapasiteleri ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde atık su arıtımında önemli potansiyellere sahiptir. TiO_2 nanopartikülleri, özellikle UV ışık altında organik kirleticilerin parçalanmasında etkili olmakla birlikte, çevresel etki ve sucul organizmalarda oksidatif stres yaratma riski bulunmaktadır. Demir oksit nanopartikülleri, ağır metallerin ve zararlı boyaların giderilmesinde kullanılırken, gümüş oksit nanopartikülleri ise özellikle patojenlerin gideriminde antimikrobiyal özellikleriyle öne çıkmaktadır. Ancak, bu nanopartiküllerin çevresel etkilerinin dikkate alınması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi, daha geniş ölçekli uygulamalarda kullanımını artırabilir. Nanomalzemelerin etkinliği ve sürdürülebilirliği üzerine yapılan araştırmalar, gelecekte bu malzemelerin daha verimli ve çevre dostu sistemlerde kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Özellikle, hibrit sistemlerin geliştirilmesi, bu malzemelerin potansiyelini daha da artırabilir. Sonuç olarak, TiO_2, demir oksit ve gümüş oksit nanopartiküllerinin atık su arıtımındaki kullanımı, çevre dostu ve ekonomik çözüm sağlayabilecek önemli bir teknoloji olarak potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Bartram, J., , Ballance, R. (Eds.), *Water Quality Monitoring*, CRC Press/London,1996.

2. Gabriel Bitton. *Wastewater Microbiology: Edition 4* , 2011.

3. Naseem, T. , Durrani, T. , The role of some important metal oxide nanoparticles for wastewater and antibacterial applications: A review. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology* vol. 3 59–75 at https://doi.org/10.1016/j.enceco.2020.12.001, 2021.

4. Zeinali Heris, S., Etemadi, M., Mousavi, S. B., Mohammadpourfard, M. , Ramavandi, B. , Preparation and characterizations of TiO_2/ZnO nanohybrid and its application in photocatalytic degradation of tetracycline in wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 443, 114893, 2023.

5. Yang, Y., Zhang, C. , Hu, Z. , Impact of metallic and metal oxide nanoparticles on wastewater treatment and anaerobic digestion. *Environ. Sci.: Processes Impacts* 15, 39–48 , 2013.

6. FUJISHIMA, A. , HONDA, K. , Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature* 238, 37–38, 1972.

7. Gupta, S. , Tripathi, M., A review on the synthesis of TiO_2 nanoparticles by solution route. *Open Chemistry* 10, 279–294 , 2012.

8. Xu, P. *et al.* , Use of iron oxide nanomaterials in wastewater treatment: A review. *Science of The Total Environment* 424, 1–10, 2012.

9. Muhammad, S. *et al.* , *Synthesis of Silver Oxide Nanoparticles and its Antimicrobial, Anticancer, Anti-inflammatory, Wound Healing, and Immunomodulatory Activities-A Review Acta Scientific Applied Physics Synthesis of Silver Oxide Nanoparticles and its Antimicrobial, Anticancer, Anti-inflammatory, Wound Healing, and Immunomodulatory Activities-A Review*. https://www.researchgate.net/publication/372158145, 2023.

10. Macwan, D. P., Dave, P. N. , Chaturvedi, S. , A review on nano-TiO2 sol–gel type syntheses and its applications. *Journal of Materials Science* 46, 3669–3686, 2011.

11. Burda, C., Chen, X., Narayanan, R. & El-Sayed, M. A. Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes. *Chemical Reviews* vol. 105 1025–1102 at https://doi.org/10.1021/cr030063a (2005).

12. Mutuma, B. K., Shao, G. N., Kim, W. D. , Kim, H. T. , Sol–gel synthesis of mesoporous anatase–brookite and anatase–brookite–rutile TiO2 nanoparticles and their photocatalytic properties. *Journal of Colloid and Interface Science* 442, 1–7, 2015.

13. Noman, M. T., Ashraf, M. A. , Ali, A. , Synthesis and applications of nano-TiO_2: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 3262–329, 2019.

14. Zhang, R. , Gao, L. , Preparation of nanosized titania by hydrolysis of alkoxide titanium in micelles. *Materials Research Bulletin* 37, 1659–1666, 2002.

15. Lim, K. T., Hwang, H. S., Ryoo, W. , Johnston, K. P. , Synthesis of TiO_2 Nanoparticles Utilizing Hydrated Reverse Micelles in CO_2. *Langmuir* 20, 2466–2471, 2004.

16. Irshad, M. A. *et al.* , Synthesis, characterization and advanced sustainable applications of titanium dioxide nanoparticles: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 212, 111978, 2021.

17. KOBAYASHI, M. , Synthesis and development of titania with controlled structures. *Journal of the Ceramic Society of Japan* 124, 863–869, 2016.

18. Sun, L. *et al.* , An electrochemical strategy of doping Fe^{3+} into TiO_2 nanotube array films for enhancement in photocatalytic activity. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 93, 1875–1880, 2009.

19. Campos, E. A., Stockler Pinto, D. V. B., Oliveira, J. I. S. de, Mattos, E. D. C. , Dutra, R. D. C. L. , Synthesis, Characterization and Applications of Iron Oxide Nanoparticles - a Short Review. *Journal of Aerospace Technology and Management* 7, 267–276, 2015.

20. Matei, E., Predescu, A., Vasile, E. & Predescu, A., Properties of magnetic iron oxides used as materials for wastewater treatment. *Journal of Physics: Conference Series* 304, 012022, 2011.

21. Bumajdad, A., Ali, S. , Mathew, A. , Characterization of iron hydroxide/oxide nanoparticles prepared in microemulsions stabilized with cationic/non-ionic surfactant mixtures. *Journal of Colloid and Interface Science* 355, 282–292, 2011.

22. Parashar, M., Shukla, V. K. , Singh, R. , Metal oxides nanoparticles via sol–gel method: a review on synthesis, characterization and applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 31, 3729–3749, 2020.

23. Shume, W. M., Murthy, H. C. A. , Zereffa, E. A. , A Review on Synthesis and Characterization of Ag_2O Nanoparticles for Photocatalytic Applications. *Journal of Chemistry* 2020, 1–15, 2020.

24. Kumar Ojha, A., Rout, J., Behera, S. , Nayak, P. L. , Green Synthesis and Characterization of Zero Valent Silver Nanoparticles from the Leaf Extract of Datura Metel. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences* 2, 31–35, 2013.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

25. Danish, M. S. S. *et al.* , Green Synthesis of Silver Oxide Nanoparticles for Photocatalytic Environmental Remediation and Biomedical Applications. *Metals* 12, 769, 2022.

26. Thuan, D. van *et al.* , Adsorption and photodegradation of micropollutant in wastewater by photocatalyst TiO_2/rice husk biochar. *Environmental Research* 236, 116789, 2023.

27. Zeinali Heris, S., Etemadi, M., Mousavi, S. B., Mohammadpourfard, M. , Ramavandi, B. , Preparation and characterizations of TiO2/ZnO nanohybrid and its application in photocatalytic degradation of tetracycline in wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 443, 114893, 2023.

28. Kirk, C. H. *et al.* , TiO_2 photocatalytic ceramic membranes for water and wastewater treatment: Technical readiness and pathway ahead. *Journal of Materials Science & Technology* 183, 152–164, 2024.

29. Qasim, M. *et al.* , Biogenic Nanoparticles at the Forefront: Transforming Industrial Wastewater Treatment with TiO_2 and Graphene. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* 11, 56–76, 2024.

30. Dharma, H. N. C. *et al.* , A Review of Titanium Dioxide (TiO_2)-Based Photocatalyst for Oilfield-Produced Water Treatment. *Membranes* 12, 345, 2022.

31. Rashid, M. M., Forte Tavčer, P. , Tomšič, B. , Influence of Titanium Dioxide Nanoparticles on Human Health and the Environment. *Nanomaterials* **11**, 2354, 2021.

32. Nizamuddin, S. *et al.* , Iron Oxide Nanomaterials for the Removal of Heavy Metals and Dyes From Wastewater. in *Nanoscale Materials in Water Purification* 447–472 Elsevier, 2019.

33. Cheng, Z. *et al.* , Synthesis and Characterization of Iron Oxide Nanoparticles and Applications in the Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewater. *International Journal of Photoenergy* 2012, 1–5 , 2012.

34. Nizamuddin, S. *et al.* , *Iron Oxide Nanomaterials for the Removal of Heavy Metals and Dyes From Wastewater*. in Nanoscale Materials in Water Purification 447–472 ,Elsevier, 2019, doi:10.1016/B978-0-12-813926-4.00023-9.

35. Ganguly, K., Dutta, S. D., Patel, D. K. , Lim, K.-T. , *Silver nanoparticles for wastewater treatment*. in Aquananotechnology 385–401, Elsevier, 2021, doi:10.1016/B978-0-12-821141-0.00016-1.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

36. Michael Perez. , The Effects of Silver Nanoparticles on Wastewater Treatment and Escherichia Coli Growth, The Florida State Unıversıty, Civil and Environmental Engineering, 2012.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tarımsal Atıklardan Biyokömür Elde Edilmesi ve Atık Sulardan Ağır Metal Giderimi Uygulamaları

Doktora Öğrencisi: Zeynal ZEYNALLI
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
zeynalliz310@gmail.com - 0009-0003-7692-0356
Prof. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBECİ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
sarioglu@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0002-3636-0388

ÖZET

Tarımsal atıklar, dünya genelinde bol miktarda bulunan ve çevresel sorunlara yol açabilen materyallerdir. Bu araştırma çalışmasında, piroliz yöntemi kullanarak tarımsal atıklardan biyokömür üretilmesinin çevreye olan katkısını ve biyokömürün atık sulardan ağır metallerin giderilmesindeki verimliliği araştırmaktadır. Tarımsal atıklar, biyokömür üretimi için sürdürülebilir bir kaynak sunar ve bu süreç çevre dostu bir çözüm sağlar. Biyokömür, yüksek yüzey alanı ve kimyasal yapısı sayesinde, nikel, kurşun, bakır gibi ağır metallerin adsorpsiyonunda etkili bir malzeme olarak dikkat çekmektedir. Çalışmada, biyokömürün modifikasyon yöntemleri, dozaj etkisi ve pH gibi parametrelerin ağır metal giderme verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucu olarak, biyokömürün atık sulardan ağır metal gideriminde başarılı bir adsorban olarak kullanıldığını ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağladığını gösterilmektedir. Ayrıca, biyokömürün tarımsal atıkların yeniden değerlendirilmesi ve atık yönetiminin iyileştirilmesi açısından ekonomik faydalar sunduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Piroliz, Tarımsal atıklar, Ağır metal giderimi, Adsorpsiyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

Tarımsal atıklar, dünya genelinde bol miktarda bulunması ve yaygın kullanımı nedeniyle her zaman dikkat çekmiştir. Örneğin, ekonomisinin büyük bir bölümünü tarım sektörüne dayandıran Malezya gibi ülkelerde, her yıl 2 milyon tondan fazla tarımsal atık üretilmektedir. Ancak bu atıkların büyük bir kısmı açık alanlara dökülmekte ya da yakılmaktadır ve bu durum, yeraltı sularının kirlenmesi ve hava kirliliği gibi ciddi çevresel problemlere neden olmaktadır.[1]

Bu çevresel sorunlara çözüm olarak biyokömür, etkili bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Mısır koçanı, pirinç kabuğu, fıstık kabuğu, ağaç kabuğu gibi tarımsal atıkların yanı sıra işlenmiş kağıt atıkları, hayvan gübresi, kentsel atıklar ve ormansal biyokütleler biyokömür üretiminde kullanılabilecek hammadde kaynaklarıdır. Biyokömürün kimyasal yapısı (C, N, K, Ca), kullanılan hammaddenin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir [2].

Bu geniş çeşitlilik gözönünde bulundurulduğunda, tarımsal atıkların biyokömür üretiminde değerlendirilmesi çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Bu atıklar, gübrelerin etkisini artırarak toprak verimliliğini yükseltmek, süper kapasitörlerin kapasitans değerini iyileştirmek ve kurşun, bakır, çinko gibi çeşitli su kirleticilerinin giderilmesinde adsorban olarak kullanılmak üzere başarıyla biyokömüre dönüştürülmektedir. Biyokömür üretiminde kullanılan piroliz işlemi, organik materyallerin oksijen bulunmayan bir ortamda 400˚C ve üzeri sıcaklıklarda kimyasal ve termal olarak ayrıştırılmasıyla tanımlanır.[1]

Ağır metallerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, biyokömürün çözüm sunduğu önemli alanlardan biridir. Biyokütle temelli biosorbentler, florür ve ağır metal gibi zararlı maddelerin atık su arıtımında giderilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ağır metal kirliliği, insan sağlığına zarar veren ve küresel çapta ciddi bir çevresel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu metaller, biyolojik olarak parçalanamaz ve biyoakümülasyon yoluyla besin zincirinde birikerek aktarılır. Nikel, bakır, kurşun, krom ve arsenik gibi ağır metaller, hem doğal yaşam alanlarına hem de insan sağlığına ciddi tehditler oluşturur[3].

Biyokömür, ağır metallerin giderilmesinde etkili bir adsorban olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Çeşitli araştırmalar, biyokömürün ağır metal temizliğinde başarılı bir adsorban olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Manyuchi ve arkadaşları (2022) biyokömürün, altın madenciliği atık sularındaki siyanür ve ağır metallerin giderilmesinde %90'a kadar verimli olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca, piroliz yöntemiyle elde edilen biyokömürlerin yüzey alanı ve gözenek yapılarının, ağır metal iyonlarını tutmada son derece etkili olduğunu belirtmişlerdir [4]

Bu çalışmanın nihai amacı, tarımsal atıklardan piroliz yöntemiyle biyokömür üretimi sürecini incelemek ve biyokömürün, sulu çözeltilerden ağır metal iyonlarını uzaklaştırma konusundaki rolünü ele alarak, mevcut araştırma bulguları ve teorik gelişmeleri kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir[5]

2.YÖNTEM

2.1. Piroliz Yöntemi ile Biyokömür Üretimi

Oksijensiz ve ya sınırlı oksijenli ortamlarda biyokütlelerin yüksek sıcaklıklarda yakılması işlemi piroliz adı veriliyor. Piroliz yöntemi sonucunda biyo-yağ oluşuyor, aynı zamanda metan, hidrojen, karbonmonoksit gibi gazlar oluşmaktadır[6]. Görsel 1'de biyokömür üretimi gösterilmiştir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



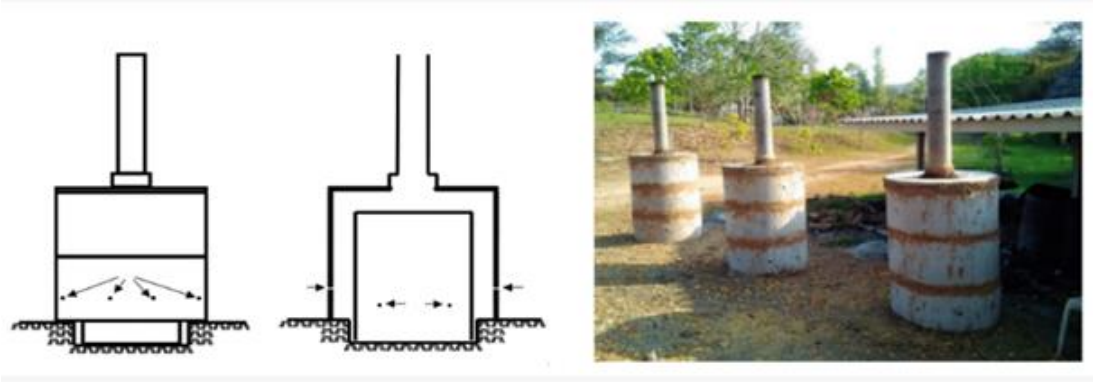
Görsel 1. Biyokömür üretim şeması [7].

Isıtma işlemine başlamadan önce, biyokütleler, boyut ve nem oranlarının homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla özenle hazırlanmıştır. Manyok sapları ve mısır koçanları 15 cm'den kısa parçalara ayrılmış, manyok bitkisinin nişasta bakımından zengin kökleri ise (rizomları) 10 cm'den daha küçük olacak şekilde kesilmiştir.

Thavivongse Sriburi'nin geliştirdiği ve patenti alınan Kontrollü Sıcaklık Biyokömür Retortu (Patent Numarası: 110100118) kullanılarak, 12 ila 24 saatlik bir süre boyunca yavaş piroliz işlemine tabi tutulmuştur (Görsel 2). Bu retort tasarımı, FAO'nun belirlediği standartlara uygun olarak titizlikle geliştirilmiştir.

Piroliz işlemi sırasında, sıcaklık değerlerinin doğru bir şekilde kontrol edilmesi amacıyla, retortun iç kısmından ve baca çıkışından düzenli aralıklarla sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Bu işlem sırasında, biyokütleler 30 dakika süreyle, 500–600 °C arasında değişen yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır.

Biyokütle ve yakıt arasındaki oran, 1.0:0.6 olarak ayarlanmış; yani yakıt miktarının, biyokütle ağırlığının %60'ını oluşturması sağlanmıştır. Bu oran, piroliz işleminin en verimli şekilde gerçekleşmesi için gerekli optimum koşulların sağlanması adına belirlenmiştir.



Görsel 2. Yavaş Piroliz İşlemi için Kontrollü Sıcaklıklı Biyokömür Retortu.[6].

Biyokömür retortunda gerçekleştirilen piroliz işleminin sıcaklığı 500–600 °C arasında ayarlanabilir. Oksijensiz bir ortamda, orta sıcaklık aralığında (350–550 °C) ve daha uzun işlem süreleriyle uygulanan yavaş piroliz, hızlı piroliz veya gazifikasyon yöntemlerine kıyasla

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yaklaşık %30 daha fazla biyokömür üretimi sağlamıştır. Ayrıca, biyokömür verimi benzer tasarıma sahip fırınlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olup, hammadde miktarının %58–60'ına kadar ulaşmıştır.

Kontrollü sıcaklıkta gerçekleştirilen yavaş piroliz ile üretilen biyokömür, laboratuvar koşullarında üretilen biyokömürle eşdeğer kalitededir (Görsel 2). Ayrıca, çiftliklerde yapılan uygulamalar, bu biyokömürün toprak verimliliğini artırarak pirinç , soya fasulyesi ve sebze tarımında daha yüksek verim sağladığını göstermiştir.[6]

Bu süreç, biyokömür üretiminde verimliliği artıran ve aynı zamanda çevresel etkileri minimize eden önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem, özellikle yerel malzemelerin kullanımı ve ekonomik maliyetlerin düşürülmesi açısından sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, piroliz koşullarının hassas şekilde kontrol edilmesi, yüksek kaliteli biyokömür elde edilmesini sağlayarak, bu sürecin etkinliğini arttırmaktadır.

2.2 Biyokömürün Ağır Metal Giderimindeki Rolü

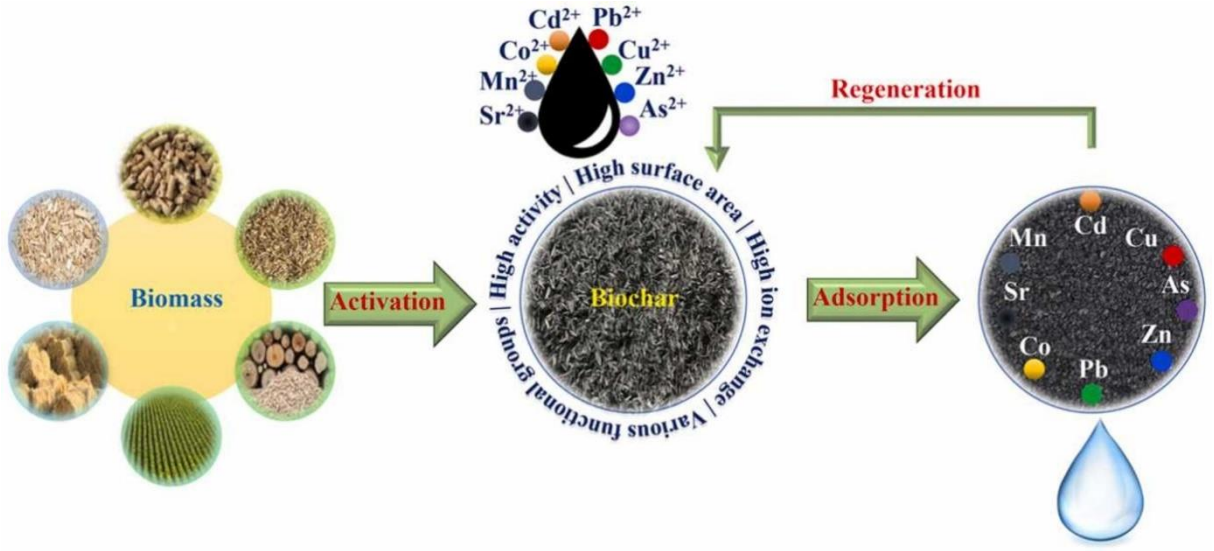
Biyokömürün yüzey özellikleri ve gözenek yapısı, ağır metallerin adsorplanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Gözenekli yapı, biyokömürün yüzey alanını artırarak metal iyonlarının tutunması için daha fazla aktif alan yaratır . Biyokömür yüzeyinde, metal katyonlarıyla kuvvetli bir şekilde bağlanabilen karboksil, karbonil, hidroksil ve amino grupları gibi fonksiyonel gruplar bulunur.

Ayrıca, biyokömür yüzeyindeki mineraller, adsorpsiyon verimliliğini artırabilir, metal iyonlarıyla etkileşimleri güçlendirebilir ve biyokömürle ağır metal iyonlarının çökelmesini kolaylaştırabilir. Yüzeydeki negatif yüklerin varlığı ise, kation değişim kapasitesini artırarak, çoğu ağır metal iyonunun pozitif yük taşıması nedeniyle elektrostatik çekim gücünü güçlendirir, bu da adsorpsiyon etkinliğini artırır.

Bu teknikler genellikle iki ana grupta sınıflandırılır. Birinci grup, biyokömür üretiminde kullanılan hammaddelerin doğrudan değiştirilmesini içerirken, ikinci grup, üretilen biyokömürün modifikasyonunu ele alır. Hammaddelerin modifikasyonu, çeşitli kimyasal maddelerle yapılan ön işleme işlemleriyle gerçekleştirilir. Alternatif olarak, biyokömür fiziksel, kimyasal ya da her ikisinin birleşimiyle modifiye edilebilir.

Biyokömürün modifikasyonu, aktif yüzey alanını artırmanın yanı sıra, fonksiyonel grupların sayısını, dağılımını ve yüzey yüklerini düzenleyerek, kirli sulardan ağır metal adsorpsiyonunu geliştirebilir. Bu tür modifikasyonlar, %99,81 oranında yüksek adsorpsiyon verimliliği sağlamaktadır. Uygulamanın özel ihtiyaçlarına göre, en uygun özellikleri elde edebilmek için doğru hazırlık yönteminin seçilmesi büyük önem taşır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3. Biyokömür Üretimi ve Ağır Metal Giderimi Süreci[8].

Xue ve çalışma arkadaşları, yer fıstığı kabuklarını H_2O_2 ile hidrotermal karbonizasyon yoluyla işleyerek modifiye biyokömür üretmiş ve bunun, sudaki ağır metallerin uzaklaştırılmasında etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmaları, bu işlemle biyokömürün yüzeyindeki karboksil gruplarının ve diğer oksijenli fonksiyonel grupların sayısının arttığını ortaya koymuştur. Pb'nin adsorpsiyon kapasitesi 22.82 mg/g olarak belirlenmiş ve bu değer, aktif edilmemiş biyokömüre kıyasla 20 kat daha yüksek bulunmuştur. Görsel 3 biyokömür ile ağırmetal giderimini gösterir.

Biyokömürün sudan ağır metallerin adsorpsiyon kapasitesi, bir dizi faktöre bağlı olarak değişir. Bu faktörler arasında biyokömürün gözenek yapısı, yüzeydeki kation değişim kapasitesi ve fonksiyonel grupların türü ve sayısı yer alır. Ayrıca, biyokömür miktarı, suyun pH değeri, su sıcaklığı, sudaki diğer kationların varlığı, ağır metallerin başlangıç konsantrasyonu ve türü ile biyokömürün yaşlanma süreci de adsorpsiyon verimliliğini etkileyen önemli unsurlardır. Bu faktörlerden bazılarına baktığımızda, pH'ın etkisi şu şekilde özetlenebilir: Bir çözeltinin asidik veya bazik yapısı, H+ iyonlarının yoğunluğuna bağlıdır ve bu yoğunluk, suyun türüne göre farklılık gösterir. pH, ağır metal iyonlarının özelliklerini ve biyokömür yüzeyindeki yük dağılımını etkileyerek adsorpsiyon hızını ve etkinliğini önemli ölçüde şekillendirir.Düşük pH seviyelerinde, biyokömür yüzeyindeki gruplar H+ iyonlarıyla etkileşime girerek negatif yük miktarını azaltır ve bu da ağır metal katyonlarının adsorpsiyon kapasitesinde azalmaya yol açar. Öte yandan, pH seviyesi arttığında, yüzeydeki fonksiyonel gruplar proton kaybeder, bu da negatif yükü artırarak ağır metal katyonlarının daha iyi adsorplanmasını sağlar. Ancak bazik ortamlarda ağır metal katyonları çökelti oluşturabilir. Her bir ağır metal iyonu için belirli bir pH aralığı idealdir ve çok düşük veya çok yüksek pH değerleri adsorpsiyon performansını olumsuz etkileyebilir.

Qian ve arkadaşları pH'nin biyokömürün adsorpsiyon kabiliyeti üzerindeki etkisini incelemiş ve pH 2.5 ile 4.5 arasında Cr3+ adsorpsiyon kapasitesinin pH seviyesi arttıkça yükseldiğini bulmuşlardır. Ancak, ağır metal anyonlarının adsorpsiyon kapasitesinin pH değerinin artışıyla birlikte azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Öte yandan iyon etkisine bakarsak şunu söyleyebiliriz.Atık su ve doğal su ortamlarında, ağır metal iyonları genellikle başka iyonlarla birlikte bulunur ve bu iyonların miktarı, ağır metallerin biyokömür tarafından adsorpsiyonunu önemli ölçüde etkileyebilir. Çözeltide

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bulunan Na+, K+, Ca2+, Mg2+, Cl−, NO3− ve SO42− gibi iyonlar, biyokömürün ağır metal adsorpsiyon kapasitesini düşürebilir

Zhang ve ekibi K+, NH4+, Ca2+ ve Mg2+ gibi iyonların, modifiye edilmiş biyokömür üzerinde Pb2+ ve Cd2+ adsorpsiyonuna olan etkisini araştırmıştır. Çalışmalarında, 8−20 mg/L konsantrasyonlarındaki K+ iyonlarının, modifiye biyokömür üzerindeki Pb2+ ve Cd2+ adsorpsiyonuna ciddi bir etkisi olduğunu, NH4+ iyonlarının ise daha sınırlı bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanında, Ca2+ ve Mg2+ iyonlarının Pb2+ ve Cd2+ adsorpsiyon verimliliği üzerinde oldukça düşük bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır[5].

3. Sonuç

Sonuç olarak, piroliz yöntemiyle tarımsal atıklardan biyokömür elde edilmesi çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemin kullanımı, gerek sürdürülebilirlik gerekse atık yönetimi açısından önemli bir üstünlük sağlamaktadır. Araştırmalar, farklı tarımsal atıklardan piroliz yöntemiyle biyokömür elde edilebileceğini ve bu biyokömürün atık sulardan ağır metallerin giderilmesinde büyük bir katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Biyokömür, özellikle ağır metal giderimi sırasında etkili bir adsorban olarak görev yapmakta ve bu süreçte pH, iyon konsantrasyonu gibi faktörler biyokömürün adsorpsiyon kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, farklı tarımsal atıklardan üretilen biyokömürlerin ağır metal giderimi için uygulanabilirliği, çevresel problemlerin çözümünde pratik bir yaklaşım sunmaktadır.

Bununla birlikte, biyokömür üretimi sırasında bazı dezavantajlar da ortaya çıkabilir. Örneğin, tarımsal atıkların coğrafi olarak uzak bölgelerde toplanması, ek taşıma maliyetlerine yol açabilir. Ancak bu sınırlamalara rağmen, biyokömürün çevre dostu bir çözüm olarak kullanımı, atık sulardan ağır metallerin giderilmesi için etkili bir yöntemdir ve sürdürülebilir atık yönetimi için önemli bir katkı sunmaktadır.

Bu sonuçlar, biyokömürün çevresel faydalarını vurgulamakta ve gelecekteki uygulamalar için değerli bir rehber sunmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

[1] K. R. Thines, E. C. Abdullah, N. M. Mubarak, and M. Ruthiraan, "Synthesis of magnetic biochar from agricultural waste biomass to enhancing route for waste water and polymer application: A review," Jan. 01, 2017, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2016.09.057.

[2] S. Leblebici, T. Kutlu, and D. Şenal, "Tarım Uygulamalarında Yeni Bir Yaklaşım: Biyokömür," 2016.

[3] S. Gupta, S. Sireesha, I. Sreedhar, C. M. Patel, and K. L. Anitha, "Latest trends in heavy metal removal from wastewater by biochar based sorbents," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 38, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101561.

[4] M. M. Manyuchi, N. Sukdeo, and W. Stinner, "Potential to remove heavy metals and cyanide from gold mining wastewater using biochar," *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 126, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.pce.2022.103110.

[5] B. Qiu, X. Tao, H. Wang, W. Li, X. Ding, and H. Chu, "Biochar as a low-cost adsorbent for aqueous heavy metal removal: A review," May 01, 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.jaap.2021.105081.

[6] S. Wijitkosum and P. Jiwnok, "Elemental composition of biochar obtained from agriculturalwaste for soil amendment and carbon sequestration," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 19, Oct. 2019, doi: 10.3390/app9193980.

[7] K. Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi *et al.*, "Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Biyokömürün Toprak Kalitesi Üzerine Etkisi," 2022. [Online]. Available: https://orcid.org/0000-0003-2783-397X

[8] W. H. Chen *et al.*, "Biomass-derived biochar: From production to application in removing heavy metal-contaminated water," Apr. 01, 2022, *Institution of Chemical Engineers*. doi: 10.1016/j.psep.2022.02.061.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MOLEKÜLER DOKİNG İLE BAZI 1,3,4-OKSADİAZOL TÜREVLERİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE ÇALIŞMASI

Öğr. Gör. Dr. Yasemin KEŞKEK KARABULUT

Kırklareli Üniversitesi, Rektörlük, Proje Geliştirme ve Koordinasyon Ofisi,

ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - 0000-0002-6742-783X

Öğr. Gör. Dr. Erhan ÖZTÜRK

Iğdır Üniversitesi, Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi,

kimyagerhan@hotmail.com- 0000-0003-4006-2428

Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN

Iğdır Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyokimya,

zeynepsilanturhan@hotmail.com- 0000-0002-3587-2576

ÖZET

Heterosiklik bileşikler, organik, farmasötik ve biyokimya gibi birçok alanda büyük öneme sahiptir. Bu alandaki en önemli bileşiklerden biri olan 1,3,4-oksadiazol türevleri, bir oksijen ve iki azot atomu içeren beş üyeli heterosiklik bileşiklerdir. Bu türevler ilaç endüstrisi, malzeme bilimi ve organik sentez gibi çok çeşitli alanlarda kullanılır. 1,3,4- oksadiazoller antipanozomal, antibakteriyel, antikoksidiyal, fungisidal, herbisit, insektisit, antitümör, hipoglisemik, diüretik, antiinflamatuar, antiviral, antiasetilkolin, stearaz, antitüberküloz, sakinleştirici ve sedatif gibi bazı ilginç farmakolojik özellikler gösterdiği de literatürde mevcuttur.

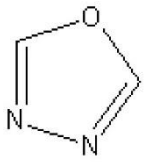
İlgili çalışmada; 1,3,4-oksadiazol türevlerinin antimikrobiyal etkilerini belirlemek amacıyla 4PRV proteini olan Escherichia coli bakterisinin reseptörü ile doking çalışmaları Autodock Vina programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. RSCB Database veritabanından çözünme şekli, çözünürlük katsayısı, mutasyon varlığı, çözünme yılı dikkate alınarak seçilen 4PRV kodlu çözünmüş enzim doking işlemi için seçilmiştir. Gaussian 09W ile çizilen moleküllerin minimum enerjiye sahip en kararlı yapılarını bulmak için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimize edilen moleküller .pdb formatına çevrilerek doking işlemi için hazırlanmıştır. İlgili türevlerin E. coli 4PRV protein reseptörü ile kompleks içindeki konumu ve moleküller arası etkileşimleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 1,3,4-Oksadiazol, Doking, Autodock Vina, Antimikrobiyal Aktivite.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Oksadiazoller, yapılarında iki nitrojen atomu ve bir oksijen atomu içeren beş üyeli heterosiklik bileşiklerdir. Birçok ilacın yapısında bulunan oksadiazolün çeşitli izomerik formlarını ayırt edebiliriz, örneğin antikanser zibotentan, antimikrobiyal furamizol, antiviral raltegravir, Duchenne kas distrofisi için ataluren. En umut verici yapılar 1,3,4-oksadiazol türevleridir [1]. 1,3,4-Oksadiazol halkası, anti-inflamatuar, hipoglisemik, antifungal ve antibakteriyel aktiviteler gibi birçok biyolojik özellik ile ilişkilidir [2]. Ayrıcalıklı beş üyeli bir heterosiklik yapı olan 1,3,4-Oksadiazol, türevlerine çok çeşitli etkili biyolojik işlevler sağlar. Ayrıca bu yapı, mantarlara ve bakterilere önemli biyolojik özellikleri nedeniyle tıbbi ve pestisit kimyasında bir odak noktası haline gelmiştir [3].



Görsel 1. 1,3,4-Oksadiazol Kimyasal Yapısı

On dokuzuncu yüzyılın sonunda, 1,3,4-oksadiazolün ilk türevleri sentezlendi. Bu molekül üzerindeki araştırma miktarı yirminci yüzyılın 1950'lerinden 1960'larına kadar yoğunlaştı [4]. Günümüzde bilim insanları 1,3,4-oksadiazol türevlerinin hazırlanması için çeşitli yollar kullanmaktadır, bunlardan bazıları daha önceki geliştirilmiş yöntemlerdir. Son yirmi yılda 1,3,4-oksadiazol halkası üzerine yapılan araştırmalarda önemli bir artış gözlemlenebilir [5]. 1,3,4-oksadiazol halkasının varlığı, tüm bileşiğin fizikokimyasal ve farmakokinetik özelliklerini etkiler. 1,3,4-oksadiazol halkası, karboksilik asitler, esterler ve amitler gibi karbonil içeren moleküller için bir biyoizoster olarak tıbbi kimyada ilgi uyandırmıştır. Oksadiazol halkası ayrıca bir liganda bağlanabilen farmakoforun önemli bir parçası olarak kullanılır. Bazı durumlarda, yapının uygun yönelimini sağlamak için düz bir aromatik bağlayıcı görevi görür [6].

1,3,4-oksadiazol halkasının bu özellikleri, bu molekülün çok çeşitli farmasötik uygulamalarına yol açmıştır. Literatüre göre, uzun yıllardır, dünyanın dört bir yanındaki bilim insanları, anti-inflamatuar, analjezik, anti-depresif, antikanser ve anti-diyabetik etki dahil olmak üzere geniş bir biyolojik aktivite spektrumu gösteren 1,3,4-oksadiazol çekirdeğini içeren yeni bileşikler sentezlemektedir. Dahası, yapısında 1,3,4-oksadiazol halkası içeren bileşiklerin geniş antimikrobiyal aktivitesini doğrulayan çok sayıda literatür raporu vardır [1].

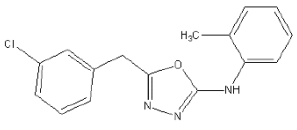
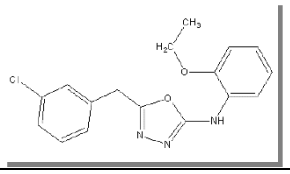
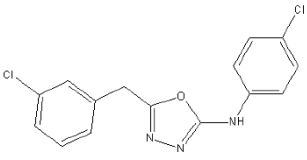
Antibakteriyel direnç, küresel çaptaki sağlık sorunları arasında en büyük olanıdır ve halk sağlığını da oldukça fazla tehdit eder. Yeni nesil antibiyotiklerin kullanılması, doğal antibakteriyellerde kombinasyon ve antibakteteriyel özellik gösteren kimyasal yapıların hibridizasyonu (yeni türevlerin oluşturulması) bu alandaki önemli yaklaşımlar arasında yer alır. Hibridizasyon, ilaç dirençlerini yenmek ve biyolojik aktiviteleri arttırmak için ilaç geliştirmek amacıyla son yıllarda oldukça sık kullanılan umut vadeden bir yöntemdir [7]. 1,3,4-oksadiazol ve türevlerinin potansiyel antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. 1,3,4-oksadiazol bileşiğinin diğer farmakoforlarla türevlerinin oluşturulması, daha yüksek verimliliğe sahip yeni

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

antibakteriyel ajan adayları sağlayabilir. Bu bağlamda, 2008 yılında yapılan bir çalışmada da 1,3,4-oksadiazol türevleri oluşturularak antibakteriyel aktivite gözlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlarda, bazı türevlerin ilaç olarak piyasada bulunan siprofloksasine kıyasla arttığı bulunmuştur [8].

Moleküler yerleştirme yöntemi, bir bağlanma modeli oluşturan iki molekülün etkileşimini tahmin etmek için kullanılan hesaplamalı bir yöntemdir. Birçok ilaç keşfi uygulamasında kenetlenme, küçük bir molekül ile bir makromolekül arasında, örneğin protein-ligand kenetlenmesiyle yapılır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ise, kenetlenme, örneğin protein-protein kenetlenmesi gibi iki makromolekül arasındaki bağlanma modunu tahmin etmek için de uygulanmaktadır. Son 15 yıldan fazla bir süredir moleküler yerleştirmeyle ilgili yayınların sayısı önemli ölçüde artmıştır [9]. Moleküler yerleştirme gibi yaklaşımlar günümüzde milyonlarca bileşiğin uygun bir sürede sanal olarak taranmasını sağlayarak, deneysel çalışmaların tanımlamasının ilk maliyetlerini düşürmekte ve istenen ilaç adaylarını bulma şansını artırmaktadır. Şu anda, ilaç keşfi görevlerini kolaylaştırmak için çeşitli moleküler modelleme teknikleri mevcuttur ve bunların çoğu yapı tabanlı ve ligand tabanlı yaklaşımlar olarak sınıflandırılmaktadır [10]. Bu çalışmada da ligand tabanlı yaklaşımlar temel alınarak bir moleküler yerleştirme programı olan Autodock Vina programı kullanılmıştır.

Çizelge 1. 1,3,4-oksadiazol ve Türevlerinin Kimyasal Yapıları

Yapı	Kimyasal Yapısı
1,3,4- oksadiazol	
4A	
4C	
4D	

Çalışmada, literatürden alınan [8], MIC çalışmaları yapılmış ve antibakteriyel özelliğe sahip bazı 1,3,4-oksadiazol ve türevlerinin (4A, 4C, 4D) E.coli proteini ile moleküler etkileşimleri ve bağlanma durumlarını değerlendirmek adına doking çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan bileşiklerin kimyasal yapıları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Gaussian 09 ve Gausview 5.0.8

Gaussian09 paket programı, moleküler sistemlerin elektronik yapılarını araştırmak amacıyla geliştirilmiş, yaygın olarak tercih edilen bir hesaplamalı kimya yazılımıdır. Kimya alanındaki geleneksel ve ileri düzey araştırmalara katkı sağlayan bu program, deneysel yöntemlerle incelenmesi güç ya da imkânsız olan moleküller, geçiş halleri ve ara ürünlerin detaylı analizinde etkin bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda, potansiyel reaksiyon mekanizmalarını değerlendiren araştırmacılar için de önemli bir araç niteliğindedir. Gaussian09, moleküllerin enerji seviyeleri, yapısal özellikleri ve spektral analizleri gibi çeşitli alanlarda kapsamlı modelleme olanağı sunarak hesaplamalı kimya çalışmalarına büyük katkı sağlar [11].

GaussView 5.0.8, Gaussian yazılımına ait paket programlar için giriş (input) dosyalarını oluşturmak ve Gaussian çıktılarının görselleştirilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir grafik arayüzdür. Bu arayüz, Gaussian formatında tanımlanan moleküllerin görsel olarak incelenmesine olanak tanır ve yapıların döndürülmesi, taşınması veya moleküler değişikliklerin yapılmasını kolaylaştırır. Ayrıca, karmaşık hesaplamalar için dahi giriş dosyalarının hızlı ve pratik bir şekilde hazırlanmasını mümkün kılar [12].

2.2. Autodock Vina ve Autodock Tools

AutoDock Vina, 2010 yılında AutoDock'un geliştirildiği laboratuvar tarafından tasarlanmış bir kenetlenme (doking) yazılımıdır. Program, yerel ve global optimizasyon tekniklerini bir arada kullanan etkili bir algoritmaya sahiptir. AutoDock Vina, önceki versiyon olan AutoDock'a kıyasla yaklaşık iki kat daha hızlı kenetlenme işlemi gerçekleştirebilmektedir. Diğer doking yazılımlarında olduğu gibi, bu yazılım da sistemin kimyasal potansiyellerini yaklaşık olarak değerlendiren bir skorlama fonksiyonuna dayanır. AutoDock Vina'da kullanılan skorlama fonksiyonu, Xscore'un geliştirilmiş bir versiyonudur.

Skorlama fonksiyonları, fizik tabanlı terimler olan 6-12 van der Waals etkileşimlerini ve Coulomb enerjilerini içermektedir. Ancak, deneysel enerji ile serbest enerji değerleri arasındaki farklılıkları daha doğru bir şekilde yansıtabilmek için bu fonksiyonlarda bazı düzenlemeler yapılması gerekebilir. Bu bağlamda, hidrofobik atomlar arasındaki hidrofobik etkileşimler, hidrojen bağları ve atom çiftleri arasındaki sterik etkileşimlerin toplam etkisi dikkate alınmalıdır. Bu parametrelerin skorlama fonksiyonuna dahil edilmesi, hassasiyetin artırılması adına konfigürasyon dosyasında özelleştirmeler yapılmasını gerektirebilir [13]. Ayrıca, AutoDockTools (ADT) olarak bilinen bir grafik kullanıcı arayüzü de mevcuttur. ADT, ligandda hangi bağların dönebilir olarak tanımlanacağını ayarlamak ve yerleştirme sonuçlarını analiz etmek gibi işlevlerde araştırmacılara kolaylık sağlamaktadır [14]

2.3. RSCB Veritabanı

Protein Veri Bankası (PDB), proteinler ve nükleik asitler gibi büyük biyolojik moleküllerin üç boyutlu yapılarını içeren bir veritabanıdır. Bu veritabanındaki yapısal bilgiler, genellikle X-ışını kristalografisi veya nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi yöntemleriyle elde edilmektedir. Araştırmacılar, Protein Veri Bankası'nda sunulan bu yapı verilerine dünyanın her yerinden ücretsiz olarak erişim sağlayabilirler. Veritabanında yer alan makromoleküller, .pdb dosya formatında sunulmaktadır. Bu dosyalar, adlandırılırken bir rakam ve belirli bir harf kodlama sisteminden oluşan toplam dört karakter kullanılır. PDB dosya formatı; proteinin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

atomik koordinatlarını, birincil ve ikincil yapı bilgilerini, kristalografik yapı faktörlerini, çözünme değerlerini ve yapı dizilim bilgilerini içerir. Ayrıca, bu dosya formatı, ilaç tasarımında yaygın olarak kullanılan yazılımların büyük çoğunluğu tarafından sorunsuz bir şekilde entegre edilebilmektedir [15].

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada 1,3,4-oksadiazol ve bu yapının türevlerinin (4A, 4C ve 4D) antibakteriyel etkilere sahip ilaç adayı olabilme özelliklerini değerlendirmek amacıyla doking hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar öncesinde 1,3,4-oksadiazol ve ligand olarak isimlendirilen türevleri (4A, 4C, 4D) doking işlemi için hazırlanmıştır.

3.1. Enzim Seçimi

RSCB Database veritabanından çözünme şekli, çözünürlük katsayısı, mutasyon varlığı, çözünme yılı dikkate alınarak seçilen 4PRV kodlu çözünmüş enzim seçilmiştir. 4PRV yapısı, DNA girazı, bakteriyel DNA replikasyonu ve transkripsiyonunda rol alan bir bakteriyel enzimdir ve antibiyotikler için doğrulanmış bir hedeftir. Bu kompleksi incelemek, DNA girazını hedefleyen antibiyotiklerin etki mekanizması hakkında bilgi sağlar. Çizelge 2'de seçilen 4PRV kodlu enzimin yapısal özellikleri görülmektedir.

Çizelge 2. 4PRV Enzim Yapısı [16]

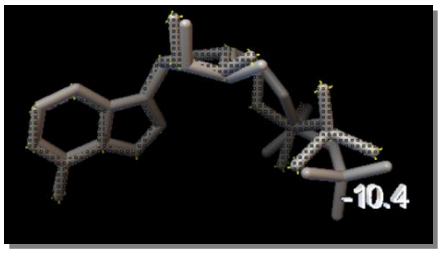
Kod	Kaynak	Mutasyon	Çözünürlük	Metod	Yıl	Ligandı	Tanım
4PRV	Escherichia coli	Yok	2.00 A^0	X-Ray	2014	ADP, MG	E. coli GyrB 43-kDa N-terminal fragment in complex with ADP

3.2. Autodock Vina Validasyonu

Doking metodunun validasyonu, X-ray yapısında enzim içinde bulunan ligandın yapıdan çıkarılarak aynı enzim molekülüne doking programı yardımıyla yeniden yerleştirilmesi ve elde edilen konformasyonların referans yapıdaki konformasyondan sapmasının incelenmesi ile gerçekleştirilir. İlgili çalışmada validasyon için, kullanılan 4PRV yapısının içindeki ADP ligandı kullanıldı. Enzimden çıkarılan ADP ligandı AutoDock Vina programı kullanılarak tekrar bulunduğu bölgeye 4PRV enzimi ile doking işlemi gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle 4PRV yapısı içerisinde bulunan tüm su molekülleri ve Mg iyonu ADT kullanıcı arayüzü yardımıyla silindi. Daha sonra ligand olarak bulunan ADP yapısı, 4PRV yapısından yine ADT kullanıcı arayüzü yardımıyla ayrıldı. Doking sonucunda en iyi yerleşme gösteren ligand konformasyonunun RMSD değeri 1,425 A^0 olarak bulunmuştur. RMSD değeri 2 A^0'dan küçük olduğundan dolayı AutoDock Vina programının seçilen sistem için uygun olduğu belirlenmiştir [17]. Görsel 2'de ADP ligandının doking sonrası en iyi konformasyonunun ilk durum ile çakışması gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

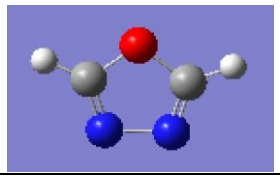
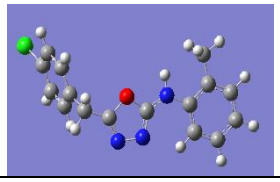
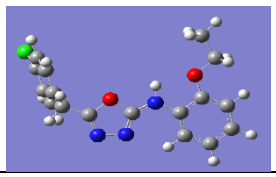
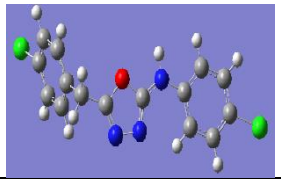


Görsel 2. Enzim aktif bölgesindeki ADP ligandının doking öncesi ve sonrası görüntüsü

3.3. Doking Hesaplaması için Ligandların Hazırlanması

1,3,4-oksadiazol ve 4A, 4C, 4D türevleri yapıları Gaussian09 programı arayüzü yardımıyla çizilmiştir ve gaz fazında DFT/B3LYP seviyesinde 6-311+G basis seti ile optimize edilmiştir. Doking çalışmalarından önce ligand moleküllerinin optimize edilmesinin sebebi en kararlı konformasyonun doking çalışmalarında kullanılması sebebiyledir. Çizelge 3'de ligand olarak kullanılacak yapıların optimizasyon sonrası görüntüleri verilmiştir.

Çizelge 3. Ligandların optimizasyon sonrası üç boyutlu görüntüleri

Yapı	3D
1,3,4-oksadiazol	
4A	
4C	
4D	

Gaussian09 programı yardımıyla oluşturulan .log dosyaları doking hesaplamalarında kullanılmak üzere .pdb dosya formatına çevrilmiştir ve kenetlenme hesaplamalarında bu yapılar kullanılmıştır. ADT Tools yardımı ile açılan ligand dosyalarının öncelikle torsiyon kökü ve

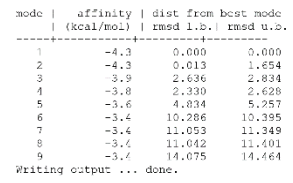
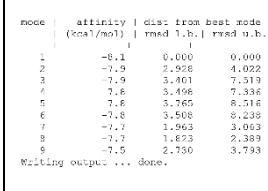
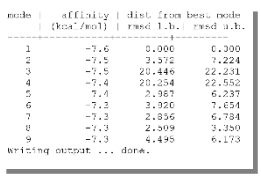
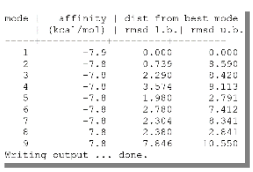
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ligand molekülündeki torsiyon sayısı belirlenmiştir. Son olarak elde edilen yapı molekülleri .pdbqt formatında kaydedilmiş ve doking işlemi için hazır hale getirilmiştir.

3.4. Doking Hesaplamaları

AutoDock Vina ile doking işlemi gerçekleştirmek için, ADT arayüzü kullanılarak hazırlanan .pdbqt formatındaki enzim ve ligand dosyalarını içeren bir konfigürasyon dosyası oluşturulmuştur. Bu dosyada; doking yapılacak enzim ve ligand dosyalarının isimleri ve formatları, hedef bölgenin kartezyen koordinatları ve doking alanının genişliğini tanımlayan parametreler yer almaktadır. Ayrıca, doking işleminin gerçekleştirileceği grid haritasının kartezyen koordinatları ve grid kutusunun boyut bilgileri de bu dosyada tanımlanmıştır. Konfigürasyon dosyası, ligandların ve makromoleküllerin hazırlanmasından sonra AutoDock Vina tarafından hesaplamalarda kullanılan tek giriş dosyasıdır. Program tarafından 1,3,4-oksadiazol ve 4A, 4C, 4D türevleri için bir log ve out dosyası yine .pdbqt formatında oluşturulmuştur. Çizelge 4'de oluşturan log dosyaları görülmektedir.

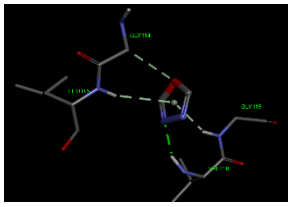
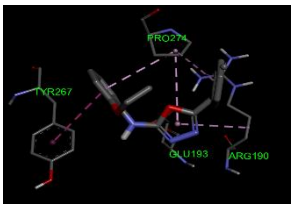
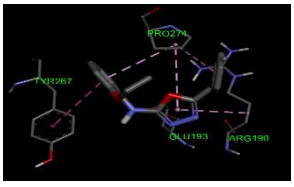
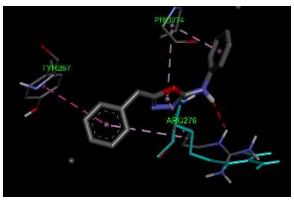
Çizelge 4. Ligandların Autodock Vina programı tarafından oluşturulan log dosyaları

			
1,3,4-oksadiazol	**4A**	**4C**	**4D**

Her bir yapı için 9 konformasyon belirlenmiştir ve sonuçlar ADT kullanıcı arayüzü yardımıyla yorumlanmıştır. En iyi bağlanmayı gösteren konformasyon seçilmiş ve aktif bölgede etkileşimde olduğu aminoasitler, etkileşim çeşitleri, aktif bölgedeki üç boyutlu pozisyonları Çizelge 5'de incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 5. Ligandların aktif bölgedeki etkileşimleri ve 3 boyutlu görüntüleri

Yapı	Bağlanma Enerjisi	Etkileşimler	Etkileşimdeki Aminoasitler	3 Boyutlu Görüntü
1,3,4-oksadiazol	-4,3x kcal/mol	**1 H bağı** (VAL118) Pi-donör etkileşimleri	GLY114, GLY119, LEU115, VAL118	
4A	-8.1 kcal/mol	Pi-anyon etkileşimleri, Pi-alkil etkileşimleri	TYR267, PRO274, GLU193, ARG190	
4C	-7,6 kcal/mol	Pi-anyon etkileşimleri, Pi-alkil etkileşimleri	TYR267, PRO274, GLU193, ARG190	
4D	-7,9 kcal/mol	Pi-Alkil Etkileşimleri, Pi-orbital Etkileşimleri	PRO274, ARG276, TYR267	

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışmada, 1,3,4-oksadiazol yapısı ve bu yapının türevlerinin (4A, 4C, 4D) antibakteriyel etkilerini belirlemek amacıyla 4PRV proteini olan Escherichia coli bakterisinin reseptörü ile doking çalışmaları Autodock Vina programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. 4A, 4C ve 4D olarak isimlendirilen türevlerin seçiminde ise 2008 yılında yapılan deneysel olarak antibakteriyel özellikleri tanımlanmış yapılar tercih edilmiştir [8]. Ligand olaraka belirlenen yapıların E.coli 4PRV protein reseptörü ile kompleks içindeki konumu ve moleküller arası etkileşimleri değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Doking hesaplamaları sonrası elde edilen bağlanma enerjileri ve aktif bölgedeki etkileşimler dikkate alındığında en iyi bağlanmayı **4A** türevinin gösterdiği ve çalışılan yapılardan en düşük bağlanmayı antibakteriyel özelliğinin var olduğu bilinen 1,3,4-oksadiazol yapısının gösterdiği görülmüştür. Ligand olarak seçilen tüm moleküler yapılar incelendiğinde yapıda -Cl (klor) ve -CH_3 (metil) grubu varlığının bağlanmayı (antibakteriyel aktiviteyi) arttırdığı görülmüştür. Öte yandan, yapıda **4C** yapısında olduğu gibi dallanmanın artması ise antibakteriyel ajan olarak aktiviteyi azalttığını göstermiştir. Sonuçlar, yeni antibakteriyel ajan yapılarının moleküler olarak tasarlanmasında yol gösterici olabilir.

KAYNAKÇA

1. Glomb, T., & Świątek, P. Antimicrobial activity of 1, 3, 4-oxadiazole derivatives. *International journal of molecular sciences*, *22*(13), 6979, 2021.

2. Şahin, G., Palaska, E., Ekizoğlu, M., & Özalp, M. Synthesis and antimicrobial activity of some 1, 3, 4-oxadiazole derivatives. *Il Farmaco*, *57*(7), 539-542, 2002.

3. Song, X., Li, P., Li, M., Yang, A., Yu, L., Luo, L., ... & Song, B. Synthesis and investigation of the antibacterial activity and action mechanism of 1, 3, 4-oxadiazole thioether derivatives. *Pesticide biochemistry and physiology*, *147*, 11-19, 2018.

4. Hetzheim, A., & Möckel, K. Recent advances in 1, 3, 4-oxadiazole chemistry. *Advances in heterocyclic chemistry*, *7*, 183-224, 1967.

5. De Oliveira, C. S., Lira, B. F., Barbosa-Filho, J. M., Lorenzo, J. G. F., & de Athayde-Filho, P. F. Synthetic approaches and pharmacological activity of 1, 3, 4-oxadiazoles: a review of the literature from 2000–2012. *Molecules*, *17*(9), 10192-10231, 2012.

6. Boström, J., Hogner, A., Llinàs, A., Wellner, E., & Plowright, A. T. Oxadiazoles in medicinal chemistry. *Journal of medicinal chemistry*, *55*(5), 1817-1830, 2012.

7. Farhadi, F., Khameneh, B., Iranshahi, M., & Iranshahy, M. Antibacterial activity of flavonoids and their structure–activity relationship: An update review. Phytotherapy Research, 33(1), 13-40, 2019.

8. Desai, N. C., Bhavsar, A. M., Shah, M. D., & Saxena, A. K. Synthesis and QSAR studies of thiosemicarbazides, 1, 2, 4-triazoles, 1, 3, 4-thiadiazoles and 1, 3, 4-oxadiazoles derivatives as potential antibacterial agents, Indian Journal of Chemistry, Vol.47B, 579-589, 2008.

9. Prieto-Martínez, F. D., Arciniega, M., & Medina-Franco, J. L. Molecular docking: current advances and challenges. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 21, 2018.

10. Pinzi, L., & Rastelli, G. Molecular docking: shifting paradigms in drug discovery. International journal of molecular sciences, 20(18), 4331, 2019.

11. Frisch, M. E., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., Scuseria, G. E., Robb, M. A., Cheeseman, J. R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G. A., & Nakatsuji, H. *Gaussian 09 (Revision A. 02).* Gaussian Inc., Wallingford, 2009.

12. Dennington, R., Keith, T., & Millam, J. GaussView, version 5, 2009.

13. Trott, O., & Olson, A. J. AutoDock Vina: Improving the Speed and Accuracy of Docking with a New Scoring Function, Efficient Optimization, and Multithreading, Journal of Computational Chemistry, 31(2), 455–461, 2010.

14. Morris, G. M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M. F., Belew, R. K., Goodsell, D. S., & Olson, A. J. AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility, Journal of computational chemistry, 30(16), 2785-2791, 2009.

15. Berman, H. M., Westbrook, J., Feng, Z., Gilliland, G., Bhat, T. N., Weissig, H., ... & Bourne, P. E. The protein data bank. *Nucleic acids research*, *28*(1), 235-242, 2000.

16. Stanger, F. V., Dehio, C., & Schirmer, T. Structure of the N-terminal Gyrase B fragment in complex with ADP· Pi reveals rigid-body motion induced by ATP hydrolysis. PloS one, 9(9), e107289, 2014.

17. Keşkek Karabulut, Y., Yiğit, A., Karacali Tunç, A., Saritaş, B. M., Kesici, S., Uzun, Y., & Sadullahoğlu, C. MAO-A Inhibitor Properties by Molecular Modeling Method, Antimicrobial Activity and Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized from Lactifluus Bertillonii Mushroom. Duzce University Journal of Science & Technology, 12(4), 2024.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BAZI 1, 3, 4- OKSADİAZOL TÜREVLERİNİN ANTİBİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN DFT YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Öğr. Gör. Dr.,Erhan ÖZTÜRK
Iğdır Üniversitesi, Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi,
kimyagerhan@hotmail.com- 0000-0003-4006-2428

Öğr. Gör. Dr.,Yasemin KEŞKEK KARABULUT
Kırklareli Üniversitesi, Rektörlük, Proje Geliştirme ve Koordinasyon Ofisi,
ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - 0000-0002-6742-783X

Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN
Iğdır Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyokimya,
zeynepsilanturhan@hotmail.com- 0000-0002-3587-2576

ÖZET

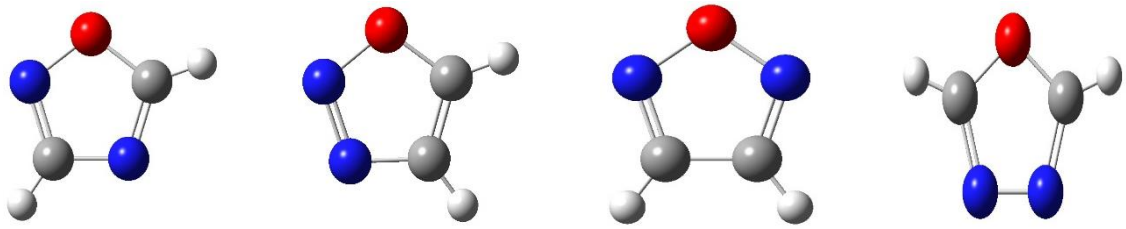
Oksadiazol bileşik türevleri, antibakteriyel etkileri nedeniyle özellikle kimya ve diğer alanlarda dikkat çeken zengin yapılar içerir. Bu heterosiklik bileşikler, içerdikleri oksijen ve azot atomları sayesinde farmakolojik alanlarda aktivite göstermektedir. Oksadiazol halkasının özellikle 1,2,4 veya 1,3,4 gibi farklı pozisyonlarda substitüe edilmesi, antibakteriyel aktivite özelliklerini değiştirebilir. Oksadiazol bileşik türevleri bakterilerin genetik materyaline zarar vererek yaygınlaşmasını engelleyebilir. Oksadiazol türevlerinin teorik incelemeleri Gaussian 16W ile GaussView 6.0 yardımı ile yapıldı. Tüm bileşikler için, En Yüksek İşgal Edilen Moleküler Orbital (HOMO), En Düşük Boş Moleküler Orbital (LUMO) ve yoğunluk gibi teorik hesaplamalarla elde edilen kuantum kimyasal parametreleri B3LYP / 6-311+G (d, p) seviyesinde yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) kullanılarak hesaplandı. Bu hesapsal yöntem yardımı ile toplam enerji, LUMO, moleküler ağırlık ve hacim hesaplamaları yapıldı. Antibakteriyel aktivite ile moleküler özellikleri arasındaki ilişki araştırıldı.

Anahtar kelimeler: Oksadiazol, DFT, Antimikrobiyal aktivite

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Sağlık sorunları her geçen gün artmakta ve en ciddi klinik sorun haline gelmektedir. Son zamanlarda, tıbbi kimyagerler bu ciddi klinik sorunları tedavi etmek için güvenli bir şekilde kullanılacak yeni ilaçlar aramaktadır. Bulaşıcı hastalıkları tedavi etmek için klinik kullanımda olan çok sayıda heterosiklik bileşik bulunmaktadır (Du, Qu, Wang, Cui, & Wang, 2021; Wang et al., 2017). En yaygın heterosiklik, beş veya altı üyeli kaynaşmış halkalara sahip olan ve heteroatom olarak azot, oksijen, kükürt gruplarına sahip olanlardır. Bazen bor, silikon ve fosfor atomları heteroatom olarak kullanılabilir (Kaur, Singh, & Kaur, 2018). Oksadiazol grupları gibi azot atomu içeren heterosiklik bileşikler, tıbbi ve farmasötik kimya alanlarındaki araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Ahsan, 2018). Oksadiazoller iki karbon, bir oksijen atomu, iki azot atomu ve iki çift bağa sahip beş üyeli heterosiklik halka olarak bilinir. Bunlar, iki metilen grubunun (= CH) iki azot (-N =) atomuyla değiştirilmesiyle furandan türetilir. Furan halkasındaki bu grupların değiştirilmesiyle aromatiklik, konjuge dien karakteri gösterecek şekilde azalmıştır. Oksadiazolün 1,2,4-oksadiazol, 1,2,3-oksadiazol, 1,2,5-oksadiazol ve 1,3,4-oksadiazol gibi dört farklı bilinen izomeri vardır (Agalave, Maujan, & Pore, 2011; Semenov & Makarova, 2011; Siwach & Verma, 2020).



1,2,4-oksadiazol **1,2,3-oksadiazol** **1,2,5-oksadiazol** **1,3,4-oksadiazol**

Şekil 1. oksadiazolun yapısal izomerleri.

Son zamanlarda, benzersiz kimyasal yapıları ve geniş spektrumlu biyolojik özellikleri nedeniyle oksadiazol iskeletini içeren bileşiklere karşı geniş bir ilgi oluşmuştur. Oksadiazoller için ana sentetik metodolojilerin ve anti-mikrobiyal, anti-fungal aktivite, antiviral, anti-tüberküloz, anti-inflamatuar, antikonvülsan, anti-anjiyojenik, anti-proliferatif, analjezik, anti-ödem ve alzheimer aktivitesi gibi son yıllarda bildirilen geniş spektrumlu farmakolojik aktivitelerinin genel bir bakışını sunmaktadır (Tiwari et al., 2022; Vaidya et al., 2016).

GELİŞME

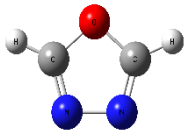
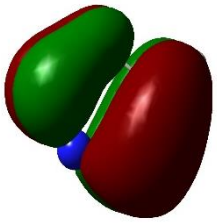
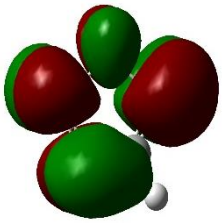
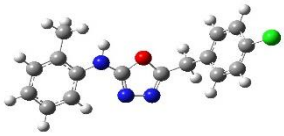
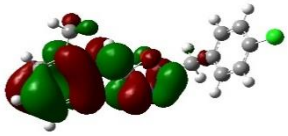
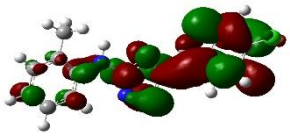
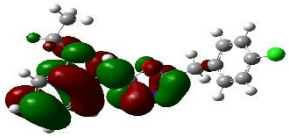
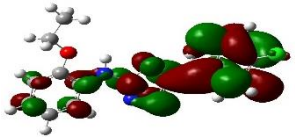
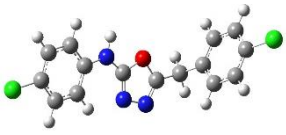
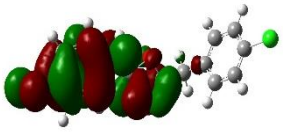
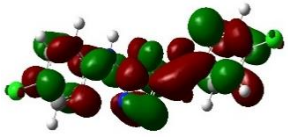
Desai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadan aktif mikrobiyal aktivite gösteren moleküllerden seçilip Gaussian temelli hesaplamalar yapıldı (Desai, Bhavsar, Shah, & Saxena, 2008). Teorik olarak sentezlenen bileşiklerin hesaplamalı çalışmaları Gaussian 16 W program paketiyle gerçekleştirildi. Tüm kimyasal sistemlerin geometrileri, standart 6-311+G(d,p) baz

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

setini kullanarak Becke'nin üç parametreli hibrit fonksiyonel B3LYP'sini kullanarak simetri kısıtlamaları olmaksızın tamamen optimize edildi.

Öncelikle, enerji bant aralığını hesaplama yöntemini kontrol etmek amacıyla moleküller üzerinde bir DFT çalışması gerçekleştirildi. 6-311+G(d,p) seviyesinde düzlemsel bir geometri varsayarak tam bir geometri optimizasyonundan sonra elde edilen enerji aralıklarının değerleri sunulmaktadır (Sowrirajan, Elangovan, Ajithkumar, & Manoj, 2022; Uludağ & Serdaroğlu, 2018). Bu enerji aralıkları, LUMO (en düşük enerjili boş moleküler orbital) ile HOMO arasındaki enerji farkı olarak hesaplanmıştır. HOMO (en yüksek enerjili dolu moleküler orbital) orbitali elektron verme, LUMO orbitali ise elektron alma eğilimindedir. Tablo 1'de optimize edilmiş temel hal geometrileri, HOMO ve LUMO elektron yoğunluk görselleri verilmiştir.

Tablo 1. Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları

Molekül No	GSG	HOMO	LUMO
1,3,4-oksadiazol			
4a			
4c			
4d			

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Oksadiazol türevlerinin HOMO ve LUMO görsellerinde elektron yoğunluğun farklı bölgelerde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. HOMO, LUMO, ΔE, m, V ve d sonuçları

	DFT / 6-311+G(d,p)					
Molekül No	**HOMO (au)**	**LUMO (au)**	**ΔE (au)**	**m (g/mol)**	**V (cm^3/mol)**	**d (g/cm^3)**
Oksadiazol	-0.3150	-0.0549	0.2601	70.016	39.066	1.792
4a	-0.2268	-0.0414	0.1854	299.082	252.453	1.184
4c	-0.2181	-0.0380	0.1801	329.093	202.813	1.622
4d	-0.2369	-0.0475	0.1894	319.027	241.448	1.321

Literatür verilerine göre antimikrobiyal ve antibakteriyel aktivite gösteren oksadiazol molekülünün türevleri olan 4a, 4c ve 4d moleküllerinin LUMO hesaplarının daha fazla aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Antimikrobiyal aktivite için ikinci ve en önemli parametre olan yoğunluk hesabına göre 4a ve 4d molekülleri aktivite için en iyi adaydır.

SONUÇ

Antimikrobiyal aktivitede ilk önce moleküllerin LUMO değerlerine bakılır. En düşük LUMO değeri daha iyi aktivasyon özelliği gösterir. LUMO sonrası en önemli parametre molekül yoğunluk hesabıdır. Molekül yoğunluk hesabı antimikrobiyal aktivitenin en son ve en önemli parametresidir. Yapılan teorik hesaplamalar sonucunda 4a ve 4d en iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu hesaplandı.

KAYNAKÇA

Agalave, S. G., Maujan, S. R., & Pore, V. S. (2011). Click chemistry: 1, 2, 3-triazoles as pharmacophores. *Chemistry–An Asian Journal*, *6*(10), 2696-2718.

Ahsan, M. J. (2018). Synthesis and cytotoxicity evaluation of [(2, 4-dichlorophenoxy) methyl]-5-aryl-1, 3, 4-oxadiazole/4$ H $-1, 2, 4-triazole analogues. *Turkish Journal of Chemistry*, *42*(5), 1334-1343.

Desai, N., Bhavsar, A., Shah, M., & Saxena, A. K. (2008). Synthesis and QSAR studies of thiosemicarbazides, 1, 2, 4-triazoles, 1, 3, 4-thiadiazoles and 1, 3, 4-oxadiazoles derivatives as potential antibacterial agents.

Du, Y., Qu, Z., Wang, H., Cui, H., & Wang, X. (2021). Review on the synthesis and performance for 1, 3, 4-oxadiazole-based energetic materials. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, *46*(6), 860-874.

Kaur, M., Singh, S., & Kaur, M. (2018). Synthesis, spectral study and biological activity of some 2, 5-disubstituted 1, 3, 4-oxadiazole. *Eur J Pharm Med Res*, *5*(9), 277-282.

Semenov, S., & Makarova, M. (2011). 1, 2, 3-Oxadiazole rings in the aromatic compounds: A quantum-chemical investigation. *Russian Journal of General Chemistry*, *81*, 1555-1557.

Siwach, A., & Verma, P. K. (2020). Therapeutic potential of oxadiazole or furadiazole containing compounds. *BMC chemistry*, *14*, 1-40.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Sowrirajan, S., Elangovan, N., Ajithkumar, G., & Manoj, K. (2022). (E)-4-((4-Bromobenzylidene) amino)-N-(Pyrimidin-2-yl) benzenesulfonamide from 4-bromobenzaldehyde and sulfadiazine, synthesis, spectral (FTIR, UV–vis), computational (DFT, HOMO–LUMO, MEP, NBO, NPA, ELF, LOL, RDG) and molecular docking studies. *Polycyclic Aromatic Compounds*, *42*(10), 7616-7631.

Tiwari, D., Narang, R., Sudhakar, K., Singh, V., Lal, S., & Devgun, M. (2022). 1, 3, 4-oxadiazole derivatives as potential antimicrobial agents. *Chemical Biology & Drug Design*, *100*(6), 1086-1121.

Uludağ, N., & Serdaroğlu, G. (2018). An improved synthesis, spectroscopic (FT-IR, NMR) study and DFT computational analysis (IR, NMR, UV–Vis, MEP diagrams, NBO, NLO, FMO) of the 1, 5-methanoazocino [4, 3-b] indole core structure. *Journal of Molecular Structure*, *1155*, 548-560.

Vaidya, A., Jain, S., Jain, P., Jain, P., Tiwari, N., Jain, R., . . . K Agrawal, R. (2016). Synthesis and biological activities of oxadiazole derivatives: a review. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, *16*(10), 825-845.

Wang, P.-Y., Shao, W.-B., Xue, H.-T., Fang, H.-S., Zhou, J., Wu, Z.-B., . . . Yang, S. (2017). Synthesis of novel 1, 3, 4-oxadiazole derivatives containing diamides as promising antibacterial and antiviral agents. *Research on Chemical Intermediates*, *43*, 6115-6130.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Poli(Etil Metakrilat-*co*-Akrilamit) Nanojellerinin Sentezi ve Karakterizasyonu

Orhun HAKKOYMAZ
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Gaziantep,
ohakkoymaz@gmail.com - 0000-0003-3134-9929

Prof. Dr. Hidayet MAZI
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Gaziantep,
mazi@gantep.edu.tr- 0000-0001-7609-1824

ÖZET

Son yıllarda, hedefe yönelik kontrollü ilaç salımı için nanojellerin sentezi ve uygulama çalışmaları oldukça dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, kontrollü ilaç salım çalışmalarında kullanılmak üzere poli(etil metakrilat-***co***-akrilamit) (poli(EMA-***co***-AAm) nanojellerinin sentezi ve karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Nanojellerin sentezi, emülsiyon polimerizasyonu tekniğiyle 60°C'de yapıldı. Poli(EMA-***co***-AAm) nanojellerinin karakterizasyonu şişme deneyleri, FT-IR, TGA ve Zeta Sizer yöntemleriyle gerçekleştirildi. Şişme deneyleri, farklı sıcaklıklar (25, 37, 39 ve 41°C) ve farklı pH değerlerine (2.0, 4.0, 5.4, 7.4 ve 10.0) sahip tampon çözeltilerinde yapıldı. FT-IR analizleri, nanojellerin oluştuğunu göstermiştir. Termal analiz (TGA) sonuçları, nanojellerin 185°C'de bozunmaya başladığını, 530°C civarında bittiğini ve üç basamakta gerçekleştiğini ortaya koydu. Zeta Sizer analiz sonuçları, sentezlenen nanojellerin ortalama olarak 23.17 nm boyutta ve PDI değerinin 0.270 olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, poli(EMA-***co***-AAm) nanojellerinin hedefe yönelik kontrollü salım çalışmalarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanojel, Akrilamid, Etil Metakrilat

1. GİRİŞ

Son yıllarda hidrojellere olan ilgi olağanüstü derecede artmıştır. Hidrojeller, yüksek miktarda su tutabilen, çapraz bağlı makromoleküler zincirlerden oluşan, üç boyutlu hidrofilik ağlardır[1]. Bu çok yönlülükleri sayesinde ilaç salımı[2, 3-5], sensörler[6], doku mühendisliği [7], bebek bezleri[8], tarım[9] gibi geniş kapsamlı uygulamalarıyla tanınan bir polimerik malzeme sınıfıdır. Hidrojeller, fiziksel etkileşimler veya kovalent bağlarla elde edilebilirler[10]. Fiziksel çapraz bağlı olarak adlandırılan hidrojeller, kovalent olmayan bağlar ve etkileşimlerle oluşturulurlar[11]. Ancak hidrojeller ile onlara tutunan partiküller arasındaki bağlar kovalent olabilir[12]. Kimyasal çapraz bağlı hidrojeller ise kovalent bağlarla çapraz bağlanmış olan jellerdir. Bu jellerde jeller ile onlara tutunan tanecikler arasındaki etkileşimler genellikle H-bağları gibi zayıf etkileşimlerdir[13].

Nanojeller, hem hidrojellerin hem de nanopartiküllerin avantajlı özelliklerini birleştiren, fiziksel veya kimyasal yöntemlerle çapraz bağlanan polimer ağlarından oluşan nanometre

boyutlu hidrojel parçacıklarıdır[14]. Tipik olarak 20 ila 200 nm arasında değişen çaplarla nanojeller, geleneksel nanopartiküllerle karşılaştırılabilir bir boyuta sahip olup, fizyolojik engelleri daha büyük hidrojellerden daha etkili bir şekilde aşmalarına olanak tanır[15]. Bu optimum boyut aralığı aynı zamanda daha yüksek bir yüzey alanı sağlayarak verimli malzeme alışverişini ve çevreleriyle etkileşimi kolaylaştırır. Yapısal olarak, polimer ağları önemli miktarda suyu emebilir, jel benzeri özellikler, şekil tutma ve bir miktar esneklik kazandırabilir. İşlevsel olarak nanojeller sıcaklık, pH ve iyon gücü gibi çevresel uyaranlara duyarlıdır. Bu özelliklerinden dolayı nanojeller, tümör hedefleme için çeşitli avantajlar sunar[16]. Birincisi, kanser hücrelerinin hassas bir şekilde hedeflenmesini sağlayarak sağlıklı dokulara verilen zararı en aza indirir ve tedavi sırasındaki olumsuz etkileri azaltır[17,18]. İkincisi, uyaranlara yanıt verme yeteneklerinden dolayı nanojeller, ilaçları en uygun zamanlarda salabilir ve tedavinin uzay-zamansal kontrolünü daha da geliştirebilir[19,20].

Akrilamitin polimerleri, yüksek su tutma ve olağanüstü su emme özellikleri nedeniyle çok iyi bilinir ve bu da onları yara pansuman uygulamaları için son derece uygun kılmaktadır[21]. Buna ek olarak bu polimerler, yaradan fazla eksudatın emilmesine olanak tanıyan mükemmel su emme kapasitesine sahiptir ve böylece normal fizyolojik koşulların korunmasını destekler[22,23]. Akrilamit polimerleri biyouyumlu olmasına ve iyileşmeyi desteklemesine rağmen, tek başına kullanıldığında kırılganlık ve sınırlı mekanik mukavemet sergiler. Örneğin, poliakrilamit yalnızca gevşek bir çapraz bağlı ağ yapısı oluşturmak üzere polimerize edilebilir; esneklik sağlar ancak nispeten kırılgandır ve kırılmaya eğilimlidir. Bu, yara pansumanlarına uygunluğunu önemli ölçüde etkiler[24,25]. Araştırmacılar, poliakrilamit yapısını desteklemek için sentez aşamasında yanına hidrofobik bir monomer koyarak bu sorunun üstesinden geldiler ve sonuçta dayanıklılık ve esnekliği birleştiren bir hidrojel ortaya çıktı[13].

Bu çalışma kapsamında, ilerde kontrollü ilaç salımında kullanılabilme potansiyeli olabilecek nitelikte akrilamit-etil metakrilat kopolimer nanojellerinin sentezlenmesi ve karakterizasyonu hedeflenmiştir. Kopolimer nanojeller, emülsiyon polimerizasyonu tekniğiyle sentezlenmiştir. Karakterizasyon için FTIR, TGA, Zeta-Sizer cihazları kullanılmış ve şişme çalışmaları yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal Metod

Nanojelin sentezinde kullanılan monomerler (etil metakrilat (MMA), akrilamit (AAm)), çapraz bağlayıcı (etilen glikol dimetakrilat (EGDMA)) ve başlatıcı (amonyum persülfat (APS)) Sigma-Aldrich firmasından temin edildi. Emülsifiye edici ajan olarak kullanılan sodyum dodesil sülfat (SDS) ve sodyum klorür (NaCl) Merck firmasından temin edildi ve herhangi bir saflaştırma işlemi yapılmadan alındığı gibi kullanıldı. Tampon çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan tüm asitler ve bazlar da Sigma-Aldrich firmasından alındı ve alındığı gibi kullanıldı.

2.2. Nanojel Sentezi

Nanojellerin sentezi, farklı monomer mol oranları ve çapraz bağlayıcı konsantrasyonu kullanılarak sentezlendi. Sentezde kullanılan kimyasallar ve miktarları **Çizelge 1**'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. Poli(EMA-*co*-AAm) nanojellerinin sentezinde kullanılan kimyasallar.

Nanojel Kodu	EMA (mmol)	AAm (mmol)	EMA/AAm	EGDMA (mmol)
EMA-1	1	6,5	0,15	0,3
EMA-2	1,9	5,6	0,34	0,3
EMA-3	2,8	4,7	0,60	0,3
EMA-4	3,7	3,7	1,00	0,3
EMA-5	4,2	3,2	1,31	0,3
EMA-6	4,6	2,3	2,00	0,3
EMA-7	5,7	1,8	3,17	0,3
EMA-8	3,7	3,7	1,00	0,5
EMA-9	3,7	3,7	1,00	1,1

Nanojellerin sentezi şu şekilde yapılmıştır. 25 mL'lik reaksiyon balonuna 10 mL 0.5 M $NaCl_{(aq)}$ ve 0.25 g SDS koyuldu. 40°C'deki yağ banyosuna yerleştirilen balon manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. SDS iyice çözündükten sonra, gerekli miktardaki AAm eklendi ve çözünmesi sağlandı. Daha sonra balona 1 mL %1'lik APS çözeltisi eklendi. Diğer taraftan bir deney tüpüne gerekli olan EMA ve EGDMA miktarları alınıp bir tüpe aktarıldı ve karışmaları sağlandı. Deney tüpündeki akrilat karışımı saniyede bir damla olacak şekilde yavaş yavaş balona damlatıldı. Bu arada yağ banyosunun sıcaklığı 65°C'ye getirildi. Akrilat eklemesi bittikten sonra reaksiyonun tamamlanması için 1 saat daha beklendi. Reaksiyon bittikten sonra balon çıkarılıp soğumaya bırakıldı. Sentezlenen nanojeller süzgeç kağıdıyla süzüldü. Nanojeller, su ile yıkandıktan sonra liyofilizasyon işlemiyle kurutuldu ve karakterizasyonda kullanıldı.

2.3. Nanojel Karakterizasyonu

Sentezlenen nanojellerin karakterizasyonu, Perkin Elmer Spectrum One ATR model (4000-400 cm^{-1}) FTIR Spektroskopi Cihazı, Hitachi STA7300 Termogravimetrik Analiz Cihazı ve Malvern Zetasizer Nano ZS cihazı kullanıldı.

2.4. Şişme Davranışı

Nanojellerin şişme davranışları farklı sıcaklıklar (25, 37, 39 ve 41°C) ve farklı ortamlarda (su ve farklı pH değerlerine sahip tampon çözeltilerinde) incelendi. Şişme kapasitesi **Eşitlik 1** yardımıyla hesaplandı.

$$S = (m_t - m_0) / m_0 \quad (1)$$

Burada;

S= Şişme oranı (g Su/g Jel)

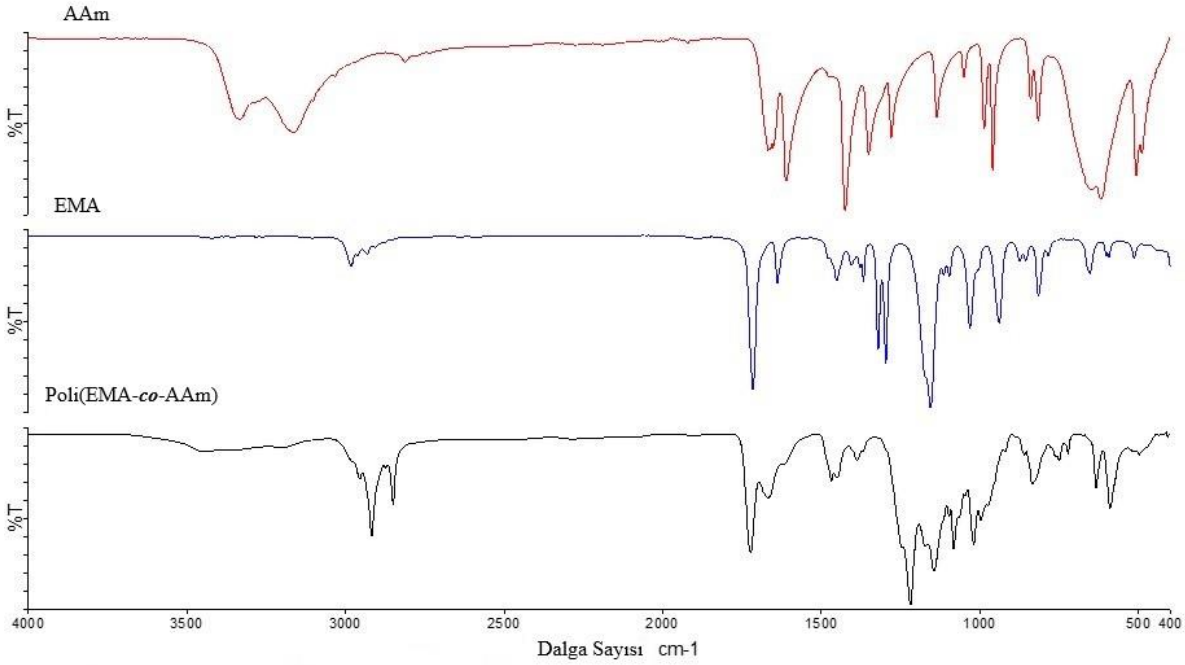
m_t: Şişmiş jelin kütlesi (g)

m_0: Jelin kuru haldeki kütlesi (g)

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kimyasal maddelerin yapılarının aydınlatılması konusunda kullanılan spektroskopik yöntemlerden biri FTIR yöntemidir. FTIR yönteminin kullanıldığı başka bir alan ise tepkimelerin ilerleyişi hakkında bilgi edinmektir. Bu çalışmada nanojellerin sentezinde kullanılan monomerlerin (EMA ve AAm) elde edilen nanojel ile karşılaştırmalı spektrumları alınmış ve **Görsel 1**'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

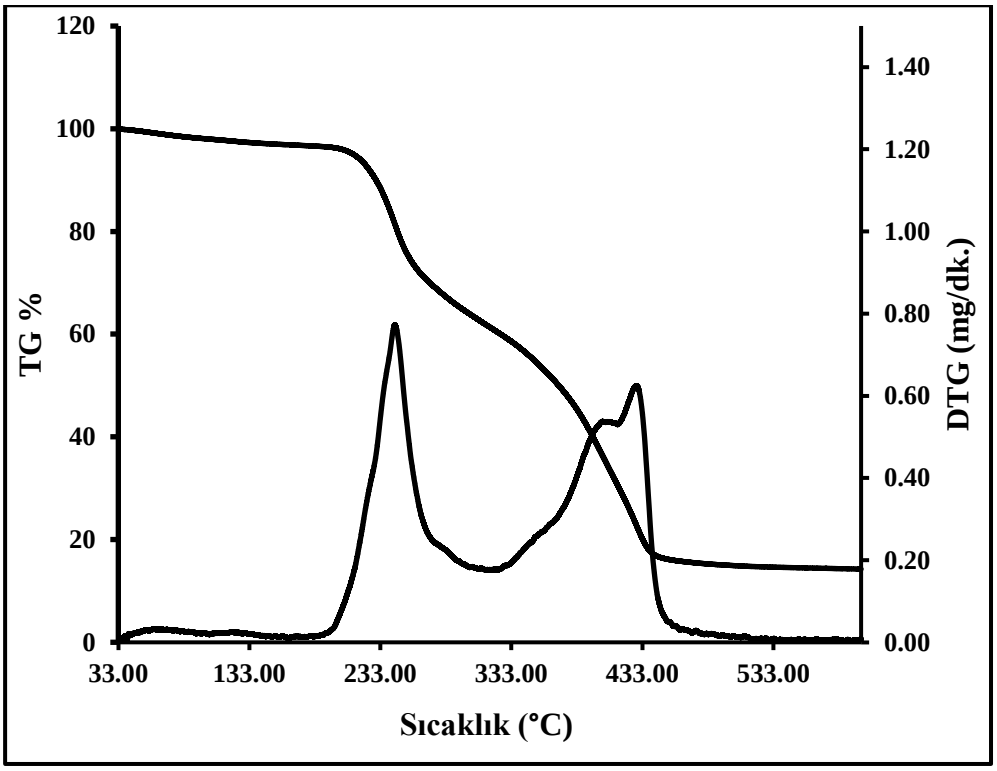


Görsel 1. Poli(EMA-*co*-AAm) nanojellerinin monomerleriyle karşılaştırmalı FTIR spektrumları.

Nanojellerin sentezinde kullanılan monomerlerin kimyasal yapılarında C=C bağının olması, polimerleşme tepkimesinin bu bağ üzerinden yürümesi ve nanojellerin yapısında bu bağların olmaması gerektiği bilgisi ile FTIR analizi kullanılarak tepkimenin ilerleyişi hakkında bilgi edinmek mümkündür. Şekil 1 incelendiğinde, monomerlerin yapısında 1625 cm^{-1} civarında gözlenen C=C gerilme bandının nanojelin yapısında olmadığı görülmektedir. Buradan da nanojelin içerisinde monomer kalmadığı yani sentezlenen nanojellerin saf olduğu anlaşılmaktadır. AAm'in yapısında 1670 cm^{-1}'de ve EMA'ın yapısında 1732 cm^{-1}'de gözlenen C=O gerilme bandları nanojelin spektrumunda da gözlenmiştir[13]. AAm'in spektrumunda 3200-3500 cm^{-1} arasında gözlenen N-H gerilme bandı ile EMA'ın spektrumunda 2820-2990 cm^{-1} arasında gözlenen C-H gerilme bandı nanojelin yapısında da görülmektedir. Buradan çıkışla, her iki monomerin de nanojelin yapısında olduğu açıkça görülmektedir.

Sentezlenen nanojellerin termal karakterizasyonu için EMA-4 nolu nanojelin azot atmosferinde 10°C/dakika ısıtma hızıyla 30-600°C aralığında termogramı alınmıştır. Alınan termogram **Görsel 2**'de verilmiştir.

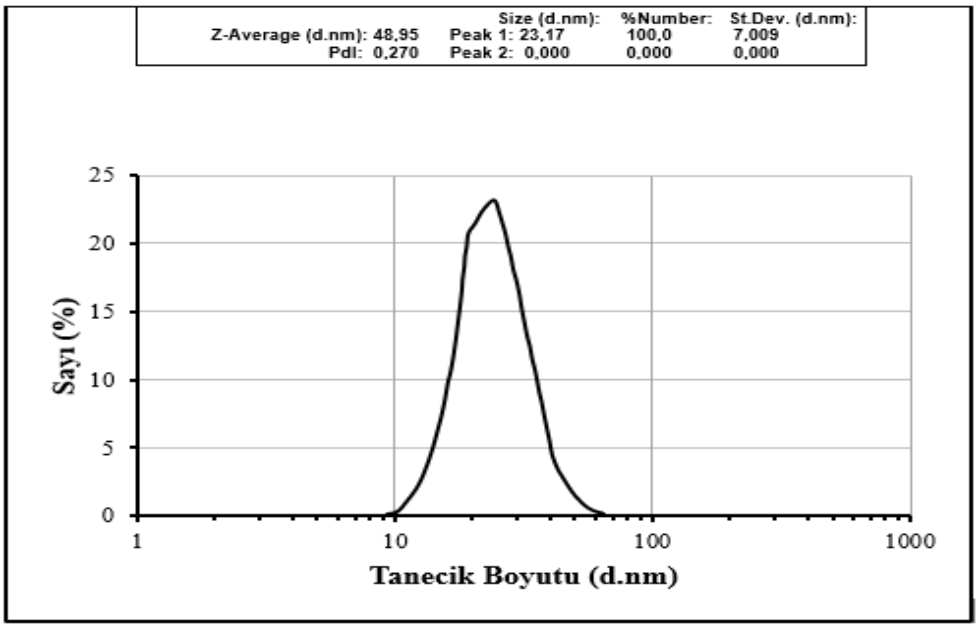
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Poli(EMA-*co*-AAm) nanojellerinin azot atmosferinde 10°C /dakika ısıtma hızıyla elde edilen TG/DTG termogramı.

Görsel 2 değerlendirildiğinde poli(EMA-***co***-AAm) nanojellerinin kütlesinde 200°C'nin altında çok küçük bir azalma olduğu görülmektedir. Bu kütle kaybı, nanojelin içerisinde kalmış olan suya aittir. Nanojelin bozunması ise 200°C civarında başlayıp 515°C civarında tamamlanmaktadır. Bozunmanın, 243, 400 ve 430°C'de maksimum veren 3 farklı basamakta gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında sentezlenen jellerin tanecik boyutunun belirlenmesi için Zeta-Sizer cihazı ile boyut analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar **Görsel 3**'te verilmiştir.

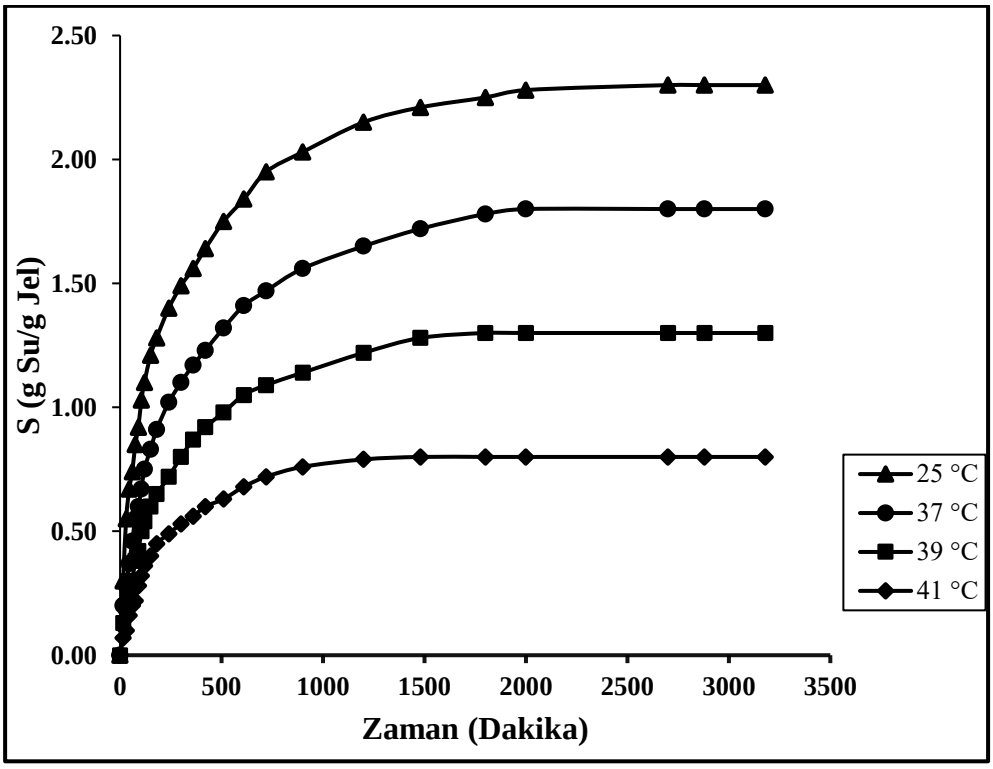


ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 3. Poli(EMA-*co*-AAm) nanojellerinin tanecik boyutu analizi.

Sentezlenen jellerin nano boyutta olup olmadığının belirlenmesi için EMA-4 nanojelinin Malvern Zetasizer Nano ZS cihazı ile tanecik boyutu analizi gerçekleştirilmiştir. **Görsel 3**'ten de anlaşılacağı üzere, nanojelin 23,17 nm civarında tek bir pik sergilediği, ortalama tanecik boyutunun yaklaşık 49 nm olduğu ve PDI değerinin 0,270 olduğu anlaşılmaktadır.

Hidrojellerin en önemli özellikleri suda çözünmeyip kendi ağırlıklarından çok daha fazla miktarda suyu yapılarında tutabilmeleridir[25,26]. Çapraz bağlı polimer olan hidrojeller şişme davranışı göstererek suyu yapılarında hapsedebilmektedirler. Bu nedenle hidrojel yapısındaki nanojellerin karakterizasyonunda en önemli parametrelerden biri de şişme davranışlarıdır. Bundan dolayı, sentezlenen nanojellerin öncelikle saf suda farklı sıcaklıklardaki şişme davranışları incelenmiştir. Elde edilen davranışlar benzer olduğundan dolayı örnek teşkil etmesi açısından diğer karakterizasyonlarda kullanılan EMA-4 nanojelinin farklı sıcaklıklardaki şişme davranışları **Görsel 4**'te verilmiştir.

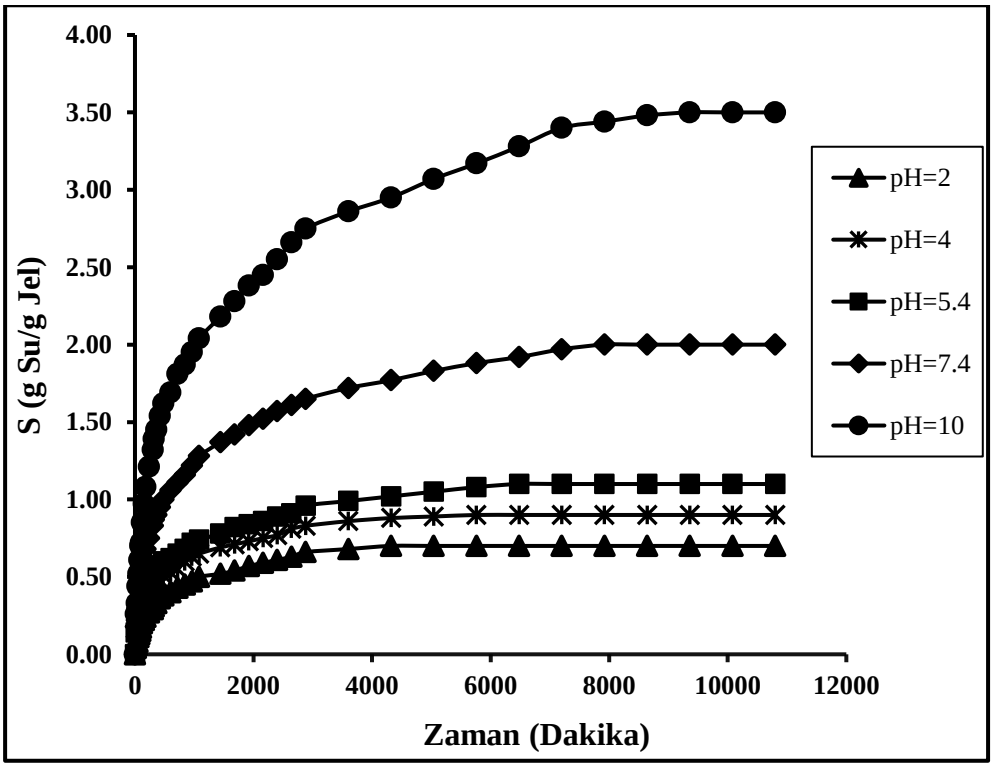


Görsel 4. EMA-4 nolu poli(EMA-*co*-AAm) nanojelinin saf suda, farklı sıcaklıklardaki şişme davranışları.

Poli(EMA-***co***-AAm) nanojellerinin şişme kapasitesinin sıcaklıkla ters orantılı olduğu Şekil 4'ten anlaşılmaktadır. 25°C'de 2.30 g su/g jel olan şişme kapasitesi, 37°C'de 1.80, 39°C'de 1.30 ve 41°C'de 0.80 g su/g jel seviyelerine kadar düşmektedir. Bununla beraber, sıcaklık arttıkça şişme hızının arttığı, yani jelin daha kısa sürede dengeye geldiği görülmektedir. Bunun nedeni, sıcaklık arttıkça jelin gevşemesi ve buna bağlı olarak suyun jel içerisine difüzlenmesinin daha çabuk olmasıdır.

Nanojellerin şişme kapasitesine etki eden parametrelerden biri şişme ortamının pH değeridir[13,26]. Bu nedenle, sentezlenen nanojellerin şişme kapasitesine ortam pH'ının etkisini incelemek amacıyla farklı pH değerlerine sahip tampon çözeltilerindeki şişme davranışları takip edilmiştir. Elde edilen sonuçlar **Görsel 5**'te verilmiştir.

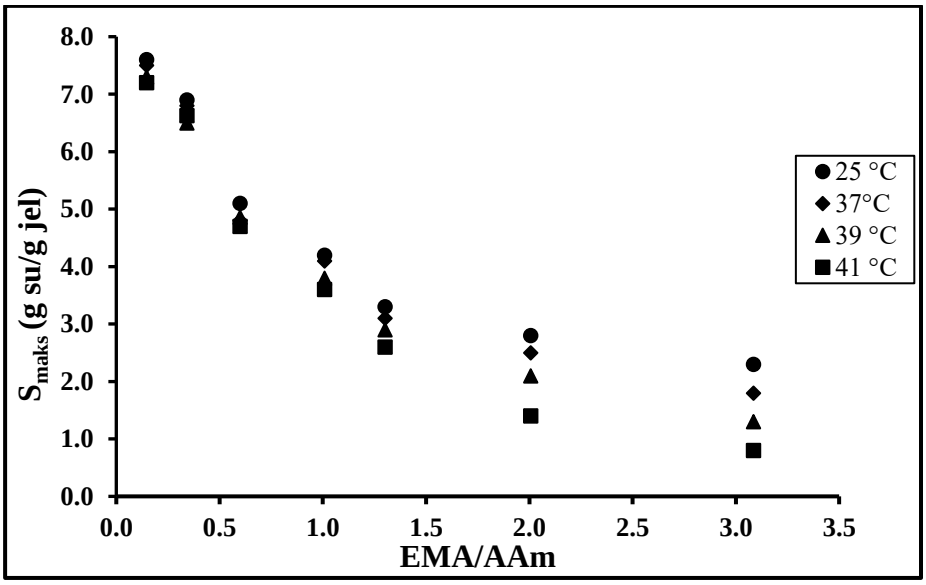
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 5. EMA-4 kodlu nanojelin 25°C'de farklı pH ortamlarındaki şişme davranışı.

Görsel 5'teki şişme eğrileri incelendiğinde nanojelin asidik (pH=2.0, 4.0 ve 5.4) ortamdaki şişme kapasitesi oldukça düşük (0.7–1.1 arasında) çıkarken, bazik ortamda çok daha fazla çıkmıştır. pH=7.4'te 2.0, pH=10'da 3.5 değerine ulaşmaktadır. Bu sonuç kontrollü ilaç salımında kullanılabilme potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Çünkü, ilaç salımında kullanılan nanojellerin pH=5.5'te az, pH=7.4'te fazla şişmesi beklenir.

Çalışma kapsamında farklı monomer mol oranıyla (EMA/AAm:0.1–3.1 arasında) poli(EMA-***co***-AAm) nanojelleri sentezlenmiştir. Bu nanojellerin oda sıcaklığındaki şişme davranışlarından elde edilen şişme kapasitelerinin monomer mol oranıyla değişimi **Görsel 6**'da verilmiştir.

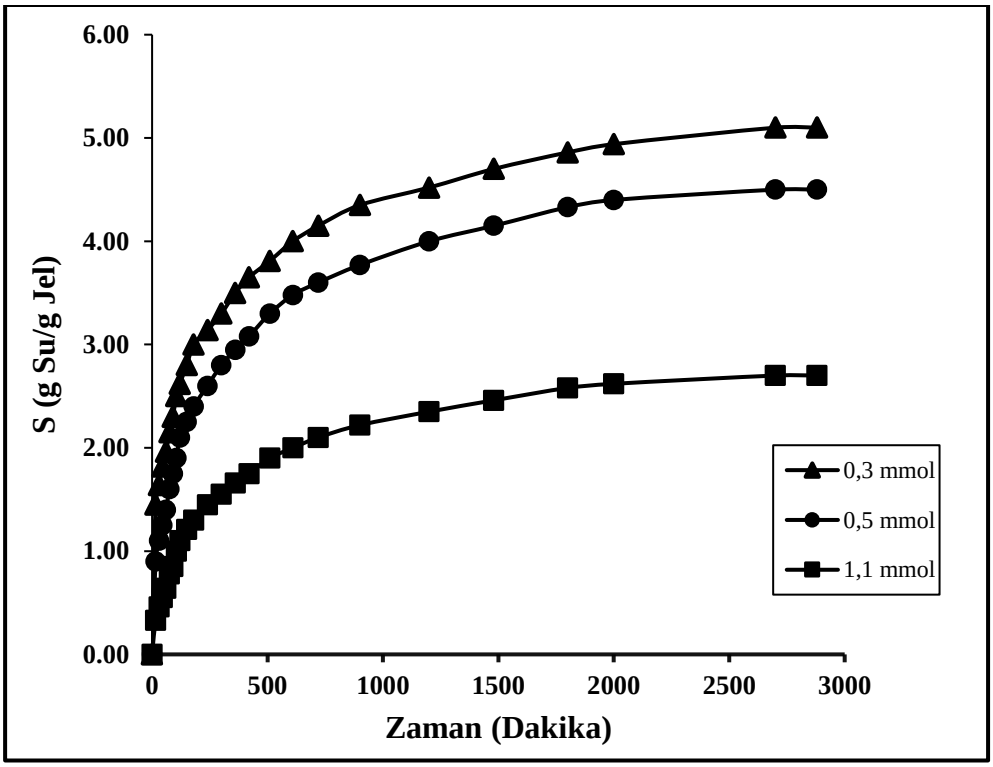


ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 6. Farklı monomer mol oranıyla (EMA/AAm) sentezlenen nanojellerin 25°C'de elde edilen şişme kapasitelerinin monomer mol oranıyla değişimi.

Görsel 6'dan da anlaşılacağı üzere, EMA/AAm oranı arttıkça yani, jelin etil metakrilat içeriği artıp akrilamit içeriği azaldıkça şişme kapasitesi azalmaktadır. Bunun nedeni, jelin hidrofilik özelliğinin azalmasıdır.

Hidrojellerin şişme kapasitesine etki eden diğer bir parametre ise jelin çapraz bağ yoğunluğudur[13]. Farklı çapraz bağlayıcı miktarı (0.30, 0.50 ve 1.10 mmol) kullanılarak 3 farklı nanojel sentezlenmiştir. Bu nanojellerin saf suda, 25 °C'deki şişme davranışları takip edilmiş ve elde edilen sonuçlar **Görsel 7**'de verilmiştir.



Görsel 7. Farklı çapraz bağlayıcı miktarı kullanılarak sentezlenen poli(EMA-*co*-AAm) nanojellerinin şişme davranışları.

Görsel 7'deki eğriler incelendiğinde, kullanılan çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça şişme kapasitesinin azaldığı görülmektedir. Çapraz bağlayıcı miktarı 0.3 mmol iken şişme kapasitesi 5.10 g su/g jel çıkmakta, 1.1 mmol kullanıldığında ise 2.7 g su/g jel değerine kadar gerilemektedir. Şişme hızında önemli bir değişme olmamaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı monomer mol oranları ve çapraz bağlayıcı miktarları kullanılarak farklı özellikte 9 adet poli(EMA-***co***-AAm) nanojeli sentezlenmiştir. Sentezlenen nanojellerin kimyasal yapıları FTIR spektroskopisi yöntemiyle, tanecik boyutları Zeta-Sizer cihazı ve termal davranışları termogravimetrik analiz cihazı ile yapılmıştır. Termal analiz sonuçları, bozunmanın 3 basamakta olduğunu ve yaklaşık 515°C civarında tamamlandığını göstermiştir. Nanojellerin şişme çalışmaları farklı sıcaklıklar ve pH ortamlarında yapılmıştır. Farklı sıcaklıklardaki şişme çalışmaları sıcaklığın artışıyla şişme kapasitesinin azaldığını göstermiştir. Farklı pH ortamlarında yapılan şişme çalışmaları ise nanojellerin asidik ortamda az, bazik ortamda ise

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

daha fazla şiştiğini göstermiştir. Nanojellerin sentezinde kullanılan monomer mol oranları değiştirildiğinde, jellerin akrilamit içeriği azaldıkça şişme kapasitesinin de azaldığını ortaya koymuştur. Çapraz bağlayıcı miktarı değiştirildiğinde de şişme kapasitesinin değiştiği ve çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça şişme kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir. Tüm bu sonuçlara dayanarak sentezlenen nanojellerin kontrollü ilaç salımında kullanılma potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Correa, S., Grosskopf, A.K., Lopez, H.H., Chan, D., Yu, A.C., Stapleton, L.M., Appel, E.A. Translational Applications of Hydrogels, Chem Rev., 121(18), 2021.

[2] Dong, L.C., Hoffman, A.S. A novel approach for preparation of pH-sensitive hydrogels for enteric drug delivery, J. Controlled Release, 15, 1991.

[3] Karadag, E., Saraydin, D., Caldiran, Y., Guven, O. Swelling studies of copolymeric acrylamide/crotonic acid hydrogels as carriers for agricultural uses, Polym. Advance Technol, 11, 2000.

[4] C.O. Walker, U.S. Patent 4: 664, 1987.

[5] Bajpai, S. K., Singh, S. Analysis of swelling behavior of poly(methacrylamide-co-methacrylic acid) hydrogels and effect of synthesis conditions on water uptake, Reactive and Functional Polymers, 66(4), 2006.

[6] Bekiari, V., Sotiropoulou, M., Bokias, G., Lianos, P. Use of poly(N,N-dimethylacrylamide-co-sodium acrylate) hydrogel to extract cationic dyes and metals from water, Colloids Surf. A, 312, 2008.

[7] Yetimoglu, E.K., Kahraman, M.V., Ercan, O., Akdemir, Z.S., Apohan, N.K. N-vinylpyrrolidone/acrylic acid/ 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid based hydrogels: Synthesis, characterization and their application in the removal of heavy metals, React. Funct. Polym., 67, 2007.

[8] Kosemund, K., Schlatter, H., Ochsenhirt, J.L., Krause, E.L., Marsman, D.S., Erasala, G.N. Safety evaluation of superabsorbent baby diapers, Regul Toxicol Pharmacol, 53(2), 2009.

[9] Wang, W., Wang, A. Synthesis, swelling behaviors, and slow-release characteristics of a guar gum-g-poly (sodium acrylate)/sodium humate superabsorbent, J. Appl. Polym. Sci., 112, 2009.

[10] Klouda, L., Thermoresponsive hydrogels in biomedical applications: A seven-year update, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 97, 2015.

[11] Fundueanu, G., Constantin, M., Asmarandei, I., Bucatariu, S., Harabagiu, V., Ascenzi, P., Simionescu, B.C. Poly(N-isopropylacrylamide-co-hydroxyethylacrylamide) thermosensitive microspheres: the size of microgels dictates the pulsatile release mechanism, Eur J Pharm Biopharm, 85(3), 2013.

[12] Yang, J., Yeom, J., Woo Hwang, B., Hoffman, A.S., Kwang Hahn, S. In situ-forming injectable hydrogels for regenerative medicine, Prog. Polym. Sci., 39, 2014.

[13] Mazı, H., Sürmelihindi, B. Temperature and pH-sensitive Super absorbent Polymers based on Modified Maleic Anhydride, Journal of Chemıcal Scıences, 133(10), 2021.

[14] Yan, J., Yu, H., Liu, C., Li, B., Wei, D., He, B., Liu, H., Liang, Y., Sun, Y., Ju, F. Low-temperature photothermal-chemotherapy enhancing tumor immunotherapy by tetrahedral framework nucleic acids nanogels based drug delivery system, Chem. Eng. J., 481, 2020.

[15] Sun, X., Yang, X., Chen, Y., Sun, J., He, Z., Zhang, S., Luo, C., In situ self-assembled nanomedicines for cancer treatment, Chem. Eng. J., 466, 2023.

[16] Ashwani, P.V., Gopika, G., Arun Krishna, K.V., Jose, J., John, F., George, J. Stimuli-Responsive and Multifunctional Nanogels in Drug Delivery, Chem. Biodivers, 20, 2023.

[17] Huang, D., Qian, H., Qiao, H., Chen, W., Feijen, J., Zhong, Z. Bioresponsive functional nanogels as an emerging platform for cancer therapy, Expert Opin Drug Deliv., 15(7), 2018.

[18] Mohammadi, M., Arabi, L., Alibolandi, M. Doxorubicin-loaded composite nanogels for cancer treatment, J Control Release, 328, 2020.

[19] Lee, S., Kim, S., Kim, D., You, J., Kim, J.S., Kim, H., Park, J., Song, J., Choi, I. Spatiotemporally controlled drug delivery via photothermally driven conformational change of self-integrated plasmonic hybrid nanogels, J. Nanobiotechnol, 21, 2023.

[20] Zhong, W., Xiong, Y., Wang, X., Yu, T., Zhou C. Synthesis and characterization of multifunctional organic-inorganic composite hydrogel formed with tissue-adhesive property and inhibiting infection, Mater Sci Eng C Mater Biol Appl., 118, 2021.

[21] Han, K., Bai, Q., Wu, W., Sun, N., Cui, N., Lu., T. Gelatin-based adhesive hydrogel with self-healing, hemostasis, and electrical conductivity, International Journal of Biological Macromolecules, 183, 2021.

[22] Su, Y., Lv, C., Zhang, Y., Liu, S., Xie, Z., Zheng M. Fluorescent nanoparticles with ultralow chromophore loading for long-term tumor-targeted imaging, Acta Biomaterialia, 111, 2020.

[23] Wu, Z., Chen, Q., Li, C., Zhu, L., Huang, Y., Zhu, X., Zhu, X., Sun, Y. Hydrogel-derived nitrogen-doped porous carbon framework with vanadium nitride decoration for supercapacitors with superior cycling performance, Journal of Materials Science & Technology, 155, 2023.

[24] Moradi, G., Zinadini, S., Rajabi, L., Derakhshan, A.A. Removal of heavy metal ions using a new high performance nanofiltration membrane modified with curcumin boehmite nanoparticles, Chemical Engineering Journal, 390, 2020.

[25] Zhang, D., Tian, S., Liu, Y., Zheng, M., Yang, X., Zou, Y., Shi, B., Luo, L. Near infrared-activatable biomimetic nanogels enabling deep tumor drug penetration inhibit orthotopic glioblastoma, Nat. Commun., 13, 2022.

[26] Özdemir, Y., Mazı, H. pH and Thermo Sensitive Superabsorbent Poly(N-Hydroxymethylacrylamide-*co*-Itaconic Acid) Hydrogels. Synthesis, Characterization and Kinetic Studies, Journal of Macromolecular Scıence Part A. Pure And Applıed Chemıstry, 51(12), 2014.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Poli(Metil Metakrilat-*co*-Akrilamit) Nanojellerinin Sentezi ve Karakterizasyonu

Orhun HAKKOYMAZ
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Gaziantep,
ohakkoymaz@gmail.com - 0000-0003-3134-9929

Prof. Dr. Hidayet MAZI
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Gaziantep,
mazi@gantep.edu.tr- 0000-0001-7609-1824

ÖZET

Bu çalışmada, poli(metil metakrilat-***co***-akrilamid) (poli(MMA-***co***-AAm)) nanojellerin sentezi ve karakterizasyonu çalışılmıştır. Kopolimer nanojellerin sentezi emülsiyon polimerizasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Nanojellerin karakterizasyonu şişme deneyleri, FT-IR, termogravimetrik analiz ve Zetasizer yöntemleri ile yapılmıştır. Şişme deneyleri farklı pH'larda (2, 4, 5.4, 7.4, 10) ve farklı sıcaklıklarda (25, 37, 39, 41°C) yapılmıştır. Şişme deneyleri, nanojellerin şişme kapasitesinin sıcaklık arttıkça azaldığını ve pH = 7.4'te pH = 5.4'e göre daha fazla şiştiklerini göstermiştir. FT-IR analizleri, nanojellerin oluştuğunu göstermiştir. Termal analiz (TGA) sonuçları, 185-290 °C sıcaklık aralığında, diğeri ise 330-450 °C sıcaklık aralığında gerçekleşen iki basamakta termal bozunmaya uğradığı ve bozunmanın 500 °C'de bittiğini göstermiştir. Zeta Sizer analiz sonuçları, sentezlenen nanojellerin ortalama olarak 6.4 nm boyutta ve PDI değerinin 0.288 olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın bulguları, sentezlenen poli(MMA-***co***-AAm) nanojelin kontrollü ilaç salımı için bir ilaç taşıyıcısı olarak kullanılabileceğini ve hipertermi tedavi yönteminde kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanojel, Akrilamid, Metil Metakrilat.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Hidrojeller, yapılarında kendi ağırlıklarının binlerce katı suyu tutabilen çapraz bağlı, ağ yapılı polimerlerdir. Suyu tutabilmeleri, yapılarında bulunan -COOH, -OH, $-NH_2$, $-SO_3H$ gibi fonksiyonel gruplar içeren monomerlerden sentezlenmiş olmalarından kaynaklanmaktadır. Hidrojellerin çocuk bezleri[1], cerrahi pedler[2], hijyenik pedler[3], ilaç salım sistemleri[2,4-6], tarım[7], su engelleyici bantlar[8], doku mühendisliği [9], atık suların arıtılması[10-12], kontakt lensler [13,14], elektrik kabloları[15] gibi birçok uygulaması mevcuttur. Çapraz bağlanmaları, fiziksel veya kimyasal işlemlerle gerçekleştirilebilir. Fiziksel çapraz bağlanmalarda zayıf Van der Waals kuvvetleri söz konusu iken kimyasal çapraz bağlanmalar kovalent bağlarla olmaktadır. Hidrojeller, doğal, sentetik veya her ikisinin kombinasyonu olan maddelerden üretilebilmektedir. Sentetik hidrojeller, daha uzun ömürlü olmaları, yapının işlevselliğine göre özelleştirilebilmeleri, geliştirilmiş mekanik özellikleri, yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle doğal hidrojellere göre daha çok tercih edilmektedir[16].

Hidrojel üretiminde, hem küçük moleküller olmaları hem de yüksek polariteye sahip olmaları nedeniyle en çok kullanılan monomerler akrilik asit ve akrilamittir[15,17]. Akrilamitin saf hidrojelleri, düşük sıcaklıklarda (vücut sıcaklığı civarı ve daha düşük sıcaklıklar) düşük bir şişme kapasitesi sergilemektedirler[18]. Bunun nedeni, akrilamit moleküllerinin kendi aralarında güçlü H-bağları yapmaları ve bundan dolayı suya daha az ilgi duymalarıdır. Yüksek sıcaklıklarda bu problem söz konusu değildir. Çünkü akrilamit molekülleri arasındaki H-bağları zayıflamakta ve bundan dolayı da suya olan ilgi artmaktadır. Düşük sıcaklıklarda yüksek şişme kapasitesine sahip akrilamit bazlı hidrojeller sentezlenmek istendiğinde ikinci monomer olarak akrilatlar gibi hidrofobik karakterde bir monomer tercih edilmektedir[18].

Nanojeller, 100 nm ve daha küçük çaptaki hidrojellerdir. Nanojeller, çapraz bağlar arasındaki küçük gözenekleri sayesinde ilaçları kolayca adsorplayabilmektedirler[19]. Çapraz bağlar arasındaki gözenekler, nanojelleri çevresel etkilerden korumanın yanı sıra taşıdıkları yüklerin fizikokimyasal özelliklerinin geliştirilmesine olanak tanır[20]. Nanojellerin en fazla kullanıldıkları alan kontrollü ilaç salımıdır. Özellikle damardan enjeksiyon yoluyla verilen ilaçlar için nano boyut çok büyük önem arz etmektedir[21].

Bu çalışmada, akrilamitin (AAm) metil metakrilat (MMA) ile kopolimer nanojelleri poli(MMA-***co***-AAm) sentezlenmiştir. Hidrojel sentezi emülsiyon polimerizasyonu tekniğiyle, başlatıcı olarak amonyum persülfat ve çapraz bağlayıcı olarak etilenglikol dimetakrilat kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nanojellerin karakterizasyonu birçok teknikle çalışılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal Metod

Nanojelin sentezinde kullanılan monomerler (metil metakrilat (MMA), akrilamit (AAm)), çapraz bağlayıcı (etilen glikol dimetakrilat (EGDMA)) ve başlatıcı (amonyum persülfat (APS)) Sigma-Aldrich firmasından temin edildi. Emülsifiye edici ajan olarak kullanılan sodyum dodesil sülfat (SDS) ve sodyum klorür (NaCl) Merck firmasından temin edildi ve herhangi bir saflaştırma işlemi yapılmadan alındığı gibi kullanıldı. Tampon çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan tüm asitler ve bazlar da Sigma-Aldrich firmasından alındı ve alındığı gibi kullanıldı.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2. Nanojel Sentezi

Nanojellerin sentezi, farklı monomer mol oranları ve çapraz bağlayıcı konsantrasyonu kullanılarak sentezlendi. Sentezde kullanılan kimyasallar ve miktarları **Çizelge 1**'de verilmiştir.

Çizelge 1. Poli(MMA-*co*-AAm) nanojellerinin sentezinde kullanılan kimyasallar.

Jelin Kodu	MMA (mmol)	AAm (mmol)	EGDMA (mmol)	MMA/AAm	APS (1%) (mL)
MMA-1	1,9	13,1	0,5	0,15	1.0
MMA-2	5,6	9,3	0,5	0,60	1.0
MMA-3	7,5	7,4	0,5	1,01	1.0
MMA-4	9,4	5,6	0,5	1,68	1.0
MMA-5	11,3	3,7	0,5	3,05	1.0
MMA-6	12,2	2,8	0,5	4,36	1.0
MMA-7	7,5	7,4	0,3	1,01	1.0
MMA-8	7,5	7,4	1,1	1,01	1.0

Nanojellerin sentezi şu şekilde yapılmıştır. 25 mL'lik reaksiyon balonuna 10 mL 0.5 M $NaCl_{(aq)}$ ve 0.25 g SDS koyuldu. 40°C'deki yağ banyosuna yerleştirilen balon manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. SDS iyice çözündükten sonra, gerekli miktardaki AAm eklendi ve çözünmesi sağlandı. Daha sonra balona 1 mL %1'lik APS çözeltisi eklendi. Diğer taraftan bir deney tüpüne gerekli olan MMA ve EGDMA miktarları alınıp bir tüpe aktarıldı ve karışmaları sağlandı. Deney tüpündeki akrilat karışımı saniyede bir damla olacak şekilde yavaş yavaş balona damlatıldı. Bu arada yağ banyosunun sıcaklığı 65°C'ye getirildi. Akrilat eklemesi bittikten sonra reaksiyonun tamamlanması için 1 saat daha beklendi. Reaksiyon bittikten sonra balon çıkarılıp soğumaya bırakıldı. Sentezlenen nanojeller süzgeç kağıdıyla süzüldü. Nanojeller, su ile yıkandıktan sonra liyofilizasyon işlemiyle kurutuldu ve karakterizasyonda kullanıldı.

2.3. Nanojel Karakterizasyonu

Sentezlenen nanojellerin karakterizasyonu, Perkin Elmer Spectrum One ATR model (4000-400 cm^{-1}) FTIR Spektroskopi Cihazı, Hitachi STA7300 Termogravimetrik Analiz Cihazı ve Malvern Zetasizer Nano ZS cihazı kullanıldı.

2.4. Şişme Davranışı

Nanojellerin şişme davranışları farklı sıcaklıklar (25, 37, 39 ve 41°C) ve farklı ortamlarda (su ve farklı pH değerlerine sahip tampon çözeltilerinde) incelendi. Şişme kapasitesi **Eşitlik 1** yardımıyla hesaplandı.

$$S = (m_t - m_0) / m_0 \quad (1)$$

Burada;

S= Şişme oranı (g Su/g Jel)

m_t: Şişmiş jelin kütlesi (g)

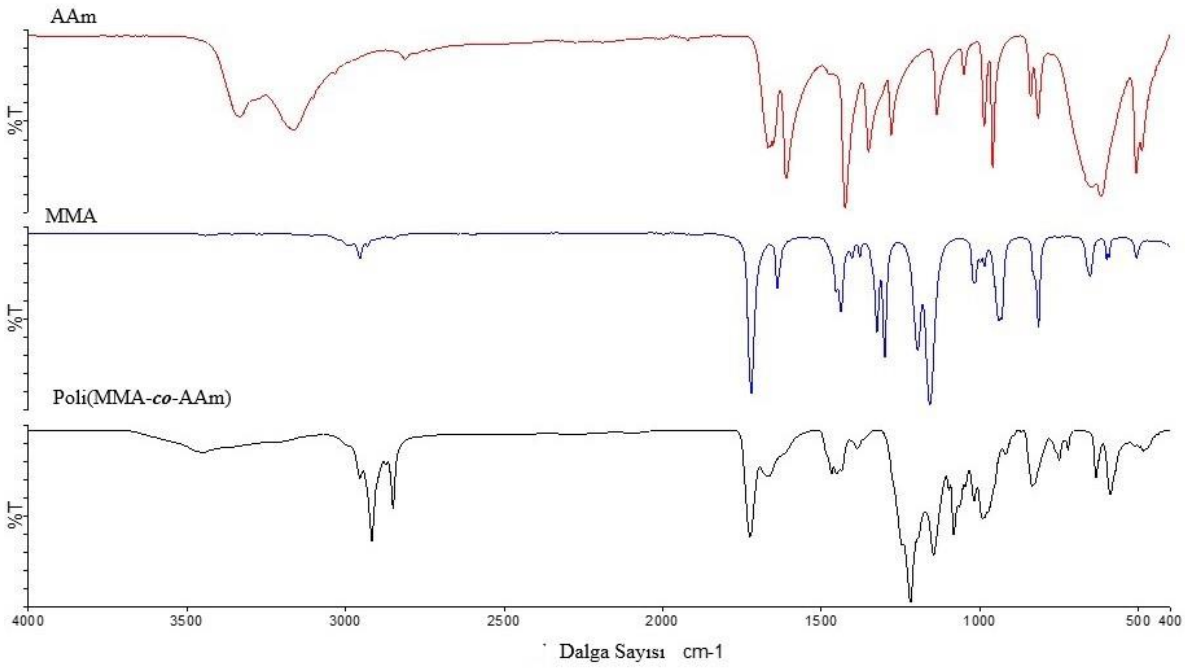
m_0: Jelin kuru haldeki kütlesi (g)

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sentezlenen nanojellerin karakterizasyonu için öncelikle sentezlenen polimerin ve sentezde kullanılan monomerlerin 4000-650 cm^{-1} FTIR spektrumları alındı. Nanojellerin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

monomerleriyle karşılaştırmalı FTIR spektrumları **Görsel 1**'de verilmiştir.

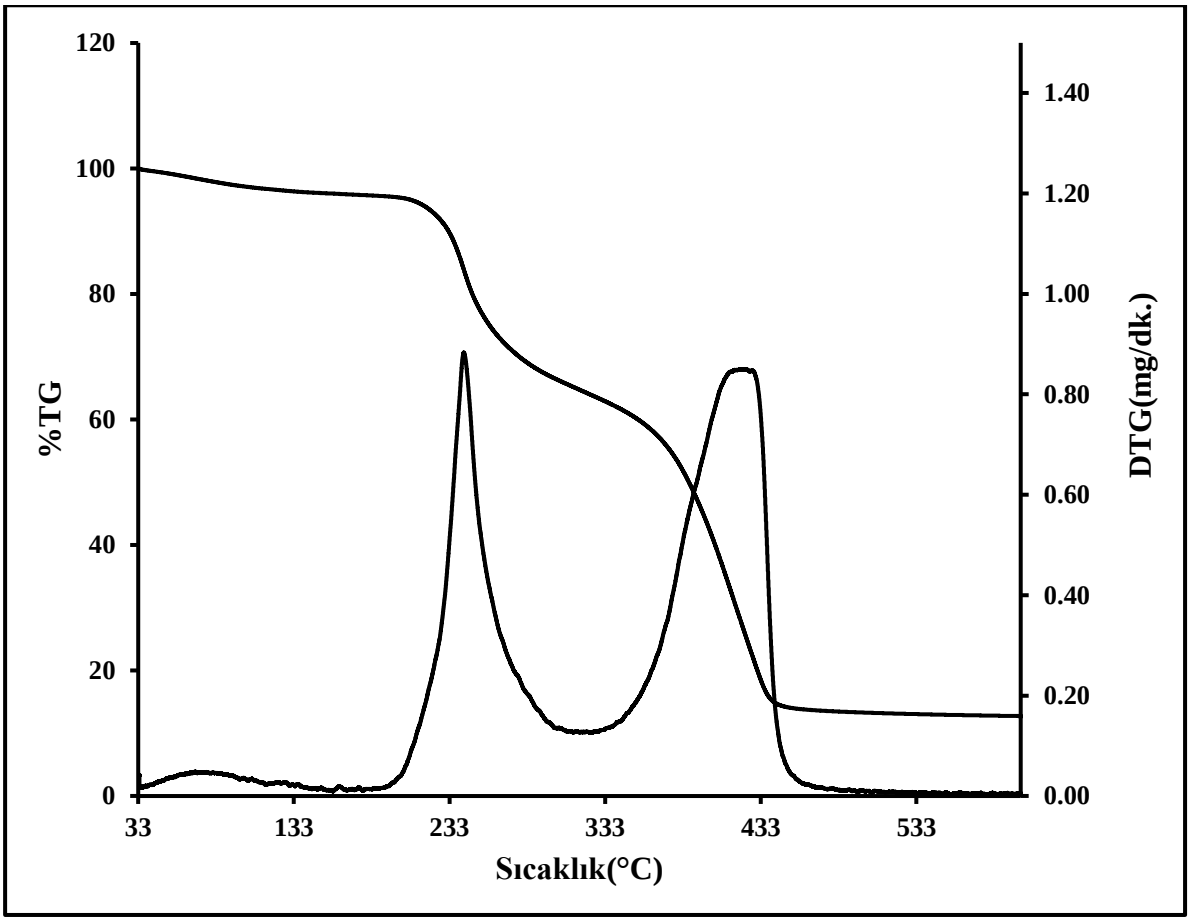


Görsel 1. Nanojellerin monomerleriyle karşılaştırmalı FTIR spektrumları.

Görsel 1 değerlendirildiğinde, 3500-3200 cm^{-1} aralığında AAm'in spektrumunda görülen N-H gerilme bandının nanojelin (poli(MMA-***co***-AAm)) yapısında da görüldüğü, 1620 cm^{-1} civarındaki C=C gerilme bandının ise nanojelin spektrumunda gözlenmediği belirlenmiştir [18]. 2900 cm^{-1} civarında her iki monomerin yapısında gözlenen C-H gerilme bandı nanojelin yapısında da görülmüş ve monomerlerin C-H gerilme bandlarının çıkmış olduğu dalga sayılarının arasında çıkmıştır. AAm'in spektrumunda 1670 cm^{-1}'de ve MMA'ın spektrumunda 1742 cm^{-1}'de çıkan C=O gerilme bandları nanojelin yapısında da görülmüştür. MMA'ın spektrumunda 1632 cm^{-1}'de gözlenen C=C gerilme bandı da nanojelde gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, nanojelin yapısında her iki monomerin bulunduğunu göstermektedir.

Nanojellerin karakterizasyonunda yapılan diğer bir işlem ise termal karakterizasyondur. Nanojellerin oda sıcaklığından 600°C'ye kadar 10°C/dakika ısıtma hızıyla, azot atmosferinde TG/DTG termogramları alınmıştır. Sonuçlar **Görsel 2**'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

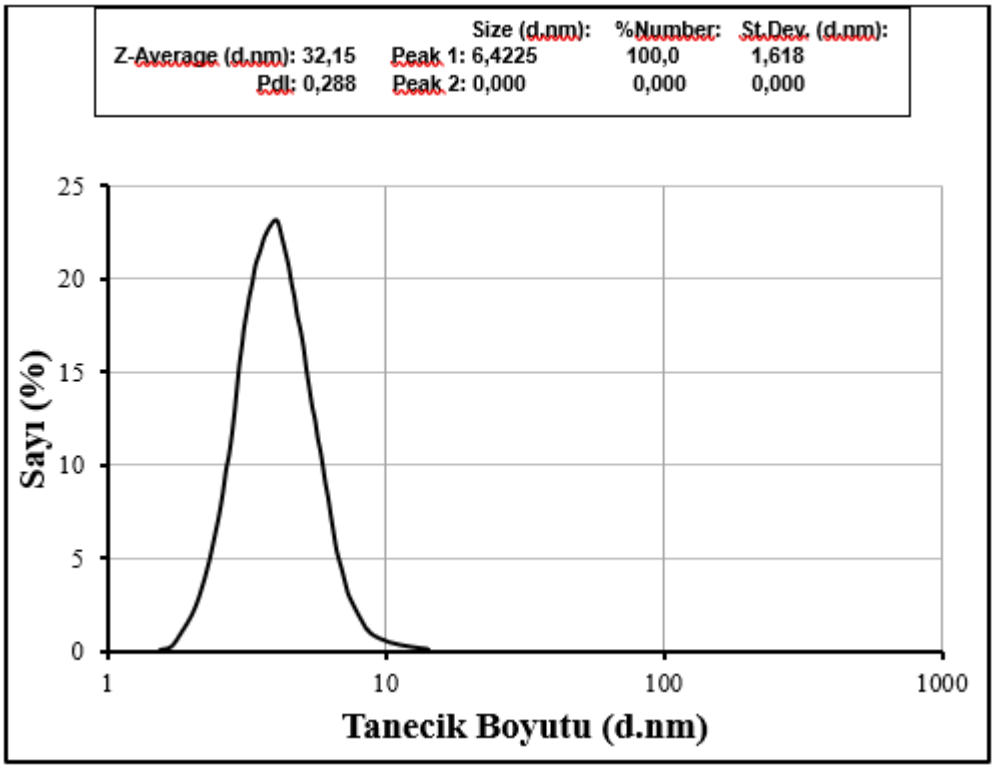


Görsel 2. Poli(MMA-*co*-AAm) nanojellerinin 10°C/dakika ısıtma hızıyla, azot atmosferinde alınan TG/DTG termogramları.

Görsel 2 incelendiğinde, poli(MMA-***co***-AAm) nanojellerinin 100°C civarında su kaybına uğradığı yani nanojellerin yapısında bir miktar suyun bulunduğu anlaşılmaktadır. Bunun dışında, nanojellerin 245 ve 415°C civarında maksimum veren iki basamakta bozunduğu ve 500°C civarında bozunmanın tamamlandığı anlaşılmaktadır.

Sentezlenen jellerin nano boyutta olup olmadığının belirlenmesi için MMA-3 nanojelinin Malvern Zetasizer Nano ZS cihazı ile tanecik boyutu analizi gerçekleştirilmiştir. **Görsel 3**'ten de anlaşılacağı üzere, nanojelin 6,258 nm civarında tek bir pik sergilediği, ortalama tanecik boyutunun yaklaşık 32 nm olduğu ve PDI değerinin 0,288 olduğu anlaşılmaktadır.

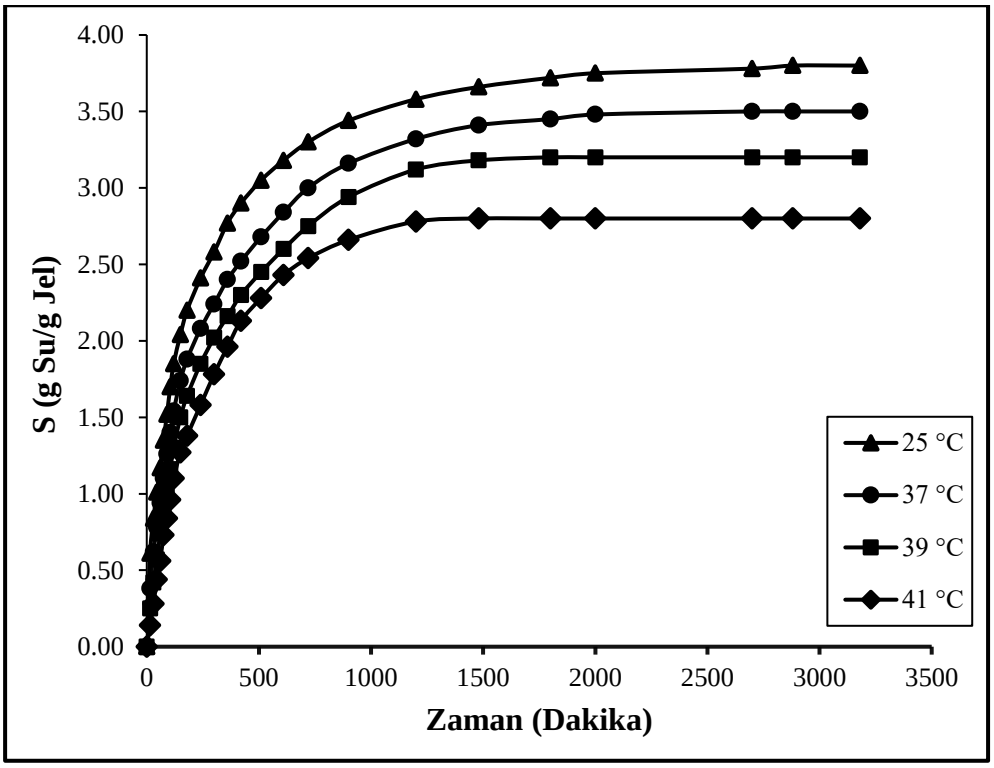
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



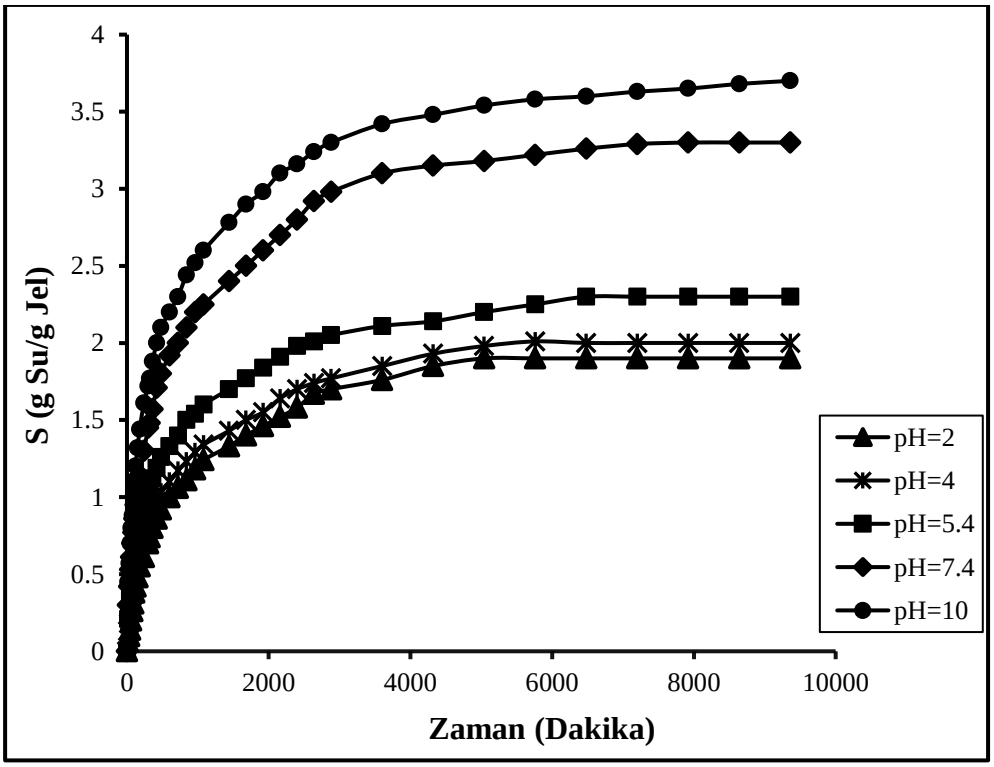
Görsel 3. MMA-3 jelinin tanecik boyutu analizi.

Hidrojellerin karakterizasyonunda en önemli parametrelerden biri de şişme davranışı ve bu davranışa etki eden faktörlerdir[22]. Çünkü jelin kullanım alanını belirlemede şişme hızı ve kapasitesi önemli rol oynar. Bu çalışmada sentezlenen nanojeller, kontrollü ilaç salımı için tasarlandığından düşük şişme kapasitesine sahip olması, normal kanın pH'ındaki (pH=7.4) şişme kapasitesinin kanser kitlesinin pH'ındaki (pH=5.4) şişme kapasitesine göre daha yüksek olması hedeflenmektedir. Farklı monomer mol oranları ile sentezlenen nanojellerin farklı sıcaklıklardaki (25, 37, 39 ve 41°C) ve farklı pH ortamlarındaki şişme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örnek teşkil etmesi bakımından MMA/AAm:1,01 olan MMA-3 nanojelinin farklı sıcaklıklar ve pH ortamlarındaki şişme davranışı sırasıyla **Görsel 4** ve **Görsel 5**'te verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. MMA-3 nanojelinin farklı sıcaklıklarda sudaki şişme davranışı.



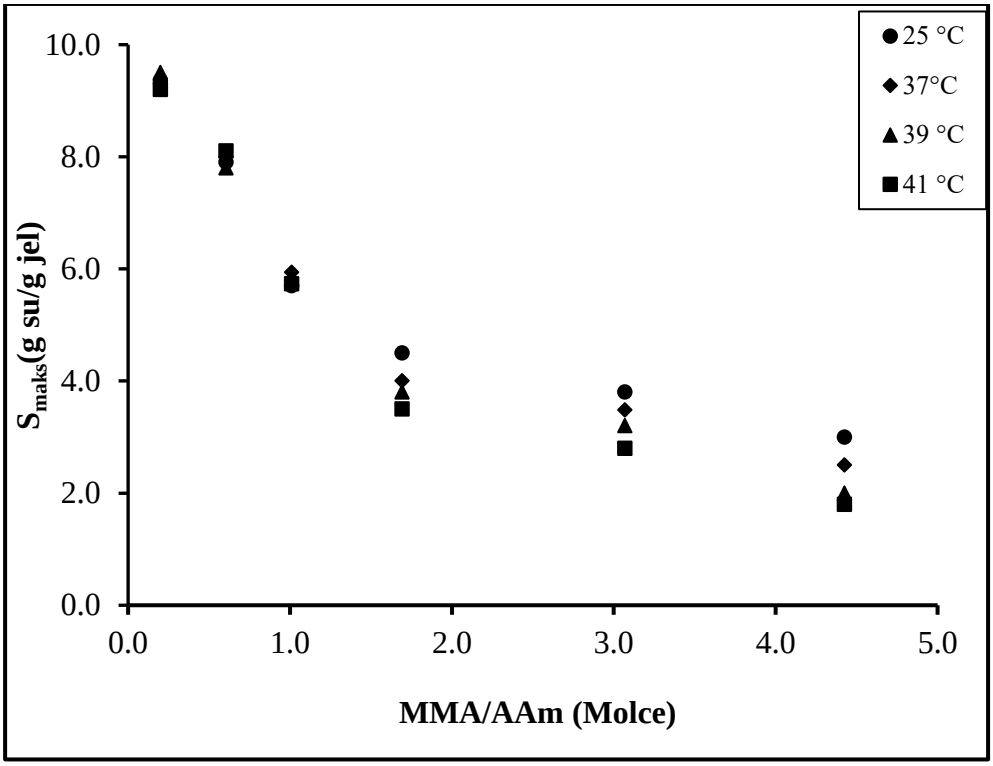
Görsel 5. MMA-3 nanojelinin 25°C'de farklı pH ortamlarındaki şişme davranışı.

Görsel 4 incelendiğinde, nanojelin 25°C'deki şişme kapasitesi 3.80 g su/g jel iken, sıcaklık arttıkça bu değer azalmakta, 39°C'de 3.23 g su/g jel ve 41°C'de 2.80 g su/g jel seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Kontrollü ilaç salımında kullanılan nanojellerin sıcaklık duyarlı olması büyük bir avantaj sağlamaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 5'ten ise, nanojelin asidik ortamda az şişerken (S=2.3) pH=7.4'te daha fazla (S=3.3) ve bazik ortamda en yüksek değerdeki (S=3.7)şişme kapasitesine ulaştığı anlaşılmaktadır. Kontrollü ilaç salımı için de bu sonuç dikkate değerdir. Çünkü nanojellerden beklenen, kanser kitlesine ulaştığında suyun ve ilacın bir kısmını serbest bırakmasıdır[23].

Sentezlenen nanojellerin bileşimi de şişme kapasitesini etkileyebilmektedir. Hidrofilik monomer oranı arttıkça jelin şişme kapasitesinin artması beklenir. Bu çalışmada 6 farklı monomer mol oranıyla (MMA/AAm) sentezlenen nanojellerin 4 farklı sıcaklıkta elde edilen şişme kapasitelerinin monomer mol oranıyla değişimi **Görsel 6**'da verilmiştir.

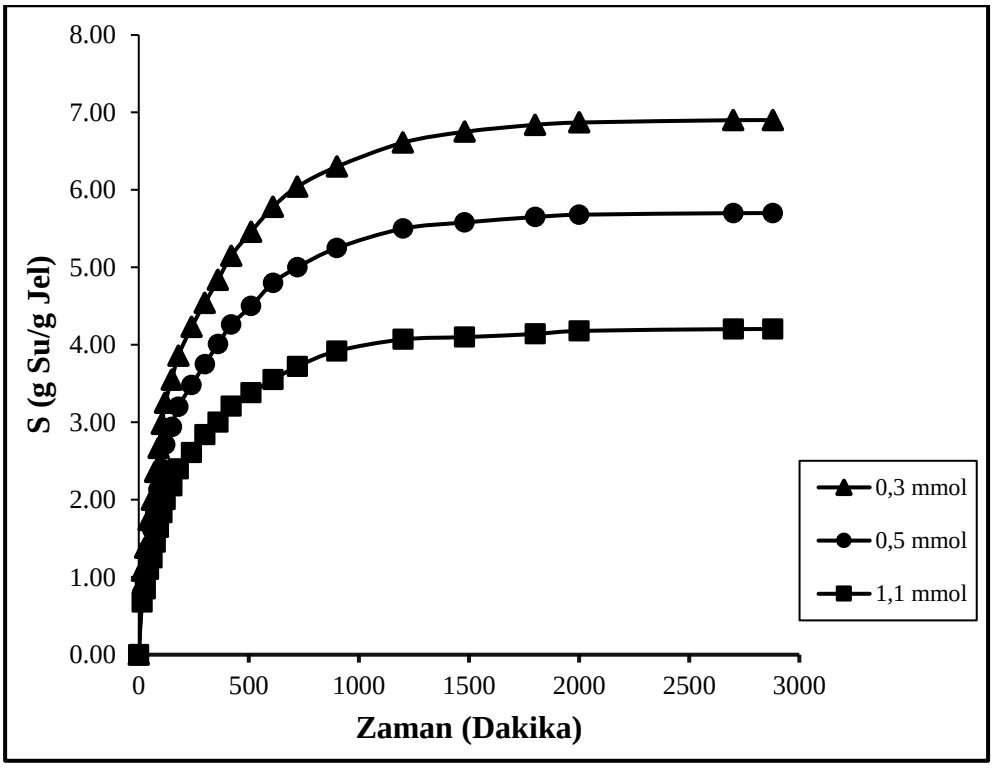


Görsel 6. Sentezlenen nanojellerin farklı sıcaklıklardaki şişme kapasitelerinin monomer mol oranıyla değişimi.

Nanojellerin şişme kapasitelerinin sıcaklıkla ters orantılı olduğu Görsel 6'dan da anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra MMA/AAm oranı arttıkça, yani jelin hidrofobik monomer olan MMA içeriği arttıkça şişme kapasitesinin azaldığı görülmektedir. Çünkü bu durumda hidrofilik monomer olan AAM'in miktarı azalmakta ve nanojelin suya olan ilgisi azalmaktadır. Nanojellerin şişme kapasiteleri MMA/AAm oranı 0.2 iken 9 g su/g jel civarında iken MMA/AAm oranı 4.4'e ulaştığında şişme kapasitesi 2 g su/g jel civarına kadar gerilemektedir.

Sentezlenen nanojellerin şişme kapasitesine etki eden diğer bir parametre ise çapraz bağlayıcı konsantrasyonudur. Bu parametrenin etkisinin incelenmesi amacıyla MMA-3, MMA-7 ve MMA-8 nanojellerinin şişme davranışları karşılaştırmalı olarak **Görsel 7**'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 7. Farklı çapraz bağlayıcı konsantrasyonuyla hazırlanan nanojellerin 25°C'de saf sudaki şişme davranışları.

Görsel 7'de görüldüğü üzere çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça nanojellerin şişme kapasitesi azalmaktadır. Kullanılan çapraz bağlayıcı miktarı 0.3 mmol olduğunda şişme kapasitesi 6.90 g su/g jel iken çapraz bağlayıcı miktarı 0.5 mmol olduğunda 5.7 g su/g jel ve 1.1 mmol olduğunda 4.20 g su/g jel değerine kadar düşmüştür. Bunun nedeni, çapraz bağ yoğunluğu arttıkça jelin daha sıkı bir yapıya dönüşmesi, bu sebeple gevşeyememesi ve dolayısıyla da suyun jelin içerisine difüzlenememesidir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada poli(MMA-*co*-AAm) nanojellerinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Farklı monomer mol oranlarıyla sentezlenen nanojellerin yapıları FTIR spektroskopisi ile aydınlatılmıştır. Nanojellerin termal davranışları termogravimetrik analiz (TGA) cihazı ile incelenmiş, bozunmanın iki basamakta gerçekleştiği ve 500°C civarında tamamlandığı belirlenmiştir. Nanojellerin tanecik boyutu analizi sonuçları elde edilen nanojellerin nano boyutta olduğunu göstermiştir. Farklı sıcaklıklarda yapılan şişme çalışmaları, sıcaklığın artması ile şişme kapasitesinin azaldığını ortaya koymuştur. Farklı pH ortamlarında yapılan şişme çalışmaları ise nanojellerin asidik ortamda az, bazik ortamda ise daha fazla şiştiğini göstermiştir. Monomer mol oranına bağlı olarak elde edilen şişme davranışı grafikleri nanojellerde AAm miktarı azaldıkça şişme kapasitesinin azaldığını ortaya koymuştur. Son olarak çapraz bağlayıcı miktarının şişme kapasitesine etkisi incelenmiş ve çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça şişme kapasitesinin azaldığını göstermiştir. Tüm bu sonuçlara dayanarak sentezlenen nanojellerin kontrollü ilaç salımında kullanılma potansiyeli olduğu anlaşılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

[1] Kosemund, K., Schlatter, H., Ochsenhirt, J.L., Krause, E.L., Marsman, D.S., Erasala, G.N. Safety evaluation of superabsorbent baby diapers, Regul. Toxic. Pharmac, 53, 2009.

[2] Dong, L.C., Hoffman, A.S. A novel approach for preparation of pH-sensitive hydrogels for enteric drug delivery, J. Controlled Release, 15, 1991.

[3] Bajpai, S.K., Singh, S. Analysis of swelling behavior of poly(methacrylamide-co-methacrylic acid) hydrogels and effect of synthesis conditions on water uptake, React. Funct. Polym., 66, 2006.

[4] Karadag, E., Saraydin, D., Caldiran, Y., Guven, O. Swelling studies of copolymeric acrylamide/crotonic acid hydrogels as carriers for agricultural uses, Polym. Advance Technol, 11, 2000.

[5] C.O. Walker, U.S. Patent 4: 664, 1987.

[6] Paulino, A.T., Guilherme, M.R., Reis, A.V., Campese, G.M., Muniz, E.C., Nozaki, J.J. Removal of methylene blue dye from an aqueous media using superabsorbent hydrogel supported on modified polysaccharide, J. Colloid Interface Sci., 301, 2006.

[7] Bekiari, V., Sotiropoulou, M., Bokias, G., Lianos, P. Use of poly(N,N-dimethylacrylamide-co-sodium acrylate) hydrogel to extract cationic dyes and metals from water, Colloids Surf. A, 312, 2008.

[8] Yetimoglu, E.K., Kahraman, M.V., Ercan, O., Akdemir, Z.S., Apohan, N.K. N-vinylpyrrolidone/acrylic acid/ 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid based hydrogels: Synthesis, characterization and their application in the removal of heavy metals, React. Funct. Polym., 67, 2007.

[9] Wang, W., Wang, A. Synthesis, swelling behaviors, and slow-release characteristics of a guar gum-g-poly (sodium acrylate)/sodium humate superabsorbent, J. Appl. Polym. Sci., 112, 2009.

[10] Chonkar, A., Nayak, U., Udupa, N. Smart polymers in nasal drug delivery, Indian J. Pharmaceut. Sci., 77(4), 2015.

[11] Lavik, E., Kuehn, M., Kwon, Y. Novel drug delivery systems for glaucoma, Eye, 25(5), 2011.

[12] Torchilin, V. Targeted polymeric micelles for delivery of poorly soluble drugs, Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 61(19-20), 2004.

[13] Svensson, A., Nicklasson, E., Harrah, T., Panilaitis, B., Kaplan, D.L., Brittberg, M., Gatenholm. P. Bacterial cellulose as a potential scaffold for tissue engineering of cartilage, Biomaterials, 26(4), 2005.

[14] Alvarez-Rivera, F., Concheiro, A., Alvarez-Lorenzo, C. Epalrestat-loaded silicone hydrogels as contact lenses to address diabetic-eye complications, Eur. J. Pharm. Biopharm., 122, 2018.

[15] Childs, A., Li, H., Lewittes, DM., Dong, B., Liu, W., Shu, X., Sun, C., Zhang, HF. Fabricating customized hydrogel contact lens, Sci. Rep., 6(1), 2016.

[16] Pathak, A.K., Singh, V.K. A wide range and highly sensitive optical fiber pH sensor using polyacrylamide hydrogel, Opt. Fiber Technol., 39, 2017.

[17] Tomar, R.S., Gupta, I., Singhal, R., Nagpal, A. Synthesis of poly (acrylamide-coacrylic acid) based superabsorbent hydrogels: study of network parameters and swelling behaviour, Polym. Plast. Technol. Eng., 46(5), 2007.

[18] Mazı, H., Sürmelihindi, B. Temperature and pH-sensitive Super absorbent Polymers based on Modified Maleic Anhydride, Journal of Chemıcal Scıences, 133(10), 2021.

[19] Sivakumaran, D., Maitland, D., Oszustowicz, T., Hoare, T. Tuning drug release from smart microgel–hydrogel composites via cross-linking, J. Colloid Interface Sci., 392, 2013.

[20] Duan, QY., Zhu, YX., Jia, HR., Wang, SH., Wu, FG. Nanogels: Synthesis, properties, and recent biomedical applications, Prog. Mater Sci., 139, 2023.

[21] Neamtu, I., Rusu, A.G., Diaconu, A., Nita, L.E., Chiriac, A.P. Basic concepts and recent advances in nanogels as carriers for medical applications, Drug Deliv., 24(1), 2017.

[22] Özdemir, Y., Mazı, H. pH and Thermo Sensitive Superabsorbent Poly(N-Hydroxymethylacrylamide-*co*-Itaconic Acid) Hydrogels. Synthesis, Characterization and Kinetic Studies, Journal of Macromolecular Scıence Part A. Pure And Applıed Chemıstry, 51(12), 2014.

[23] Shirvalilou, S., Khoei, S., Khoee, S., Soleymani, M., Shirvaliloo, M., Ali, B. H., Mahabadi, V. P. Dual-drug delivery by thermo-responsive Janus nanogel for improved cellular uptake, sustained release, and combination chemo-thermal therapy, International Journal of Pharmaceutics, 653, 2024.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE ROLE OF ACTIVATED CARBON ON REMOVAL OF ANTIBIOTIC

Pelin Demircivi[1]

[1]Yalova University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, Yalova, Turkiye.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1068-9310

[1]pelin.demircivi@yalova.edu.tr, 05433103347

Şeyda Karadirek[2]

[2]Yalova University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, Yalova, Turkiye.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1641-4155

[2]ozlem.tuna@yalova.edu.tr, 05306491079

Nergiz Kanmaz[3]

[3]Yalova University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, Yalova, Turkiye.

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5598-4911

[3]nzeynep.kanmaz@yalova.edu.tr, 05076186135

ABSTRACT

Activated carbon is the material most commonly used for removal of various pollutants from wastewater via adsorption process. Activated carbon, sometimes known as activated charcoal, is a type of carbon that is frequently used, to filter impurities out of water and air. It is activated to produce low-volume pores, which significantly expand the surface area that is available for chemical reactions or adsorption. These pores can be compared to microscopic "sponge" structures. Due to the functional groups on activated carbon surface, it is one of the most useful adsorbent for water treatment. Ampicillin is an antibiotic that is a member of the penicillin family's aminopenicillin class. The medication is used to treat and prevent bacterial infections of the respiratory, urinary and other systems. It can be taken orally, intravenously, or via injection into a muscle. Reactions like diarrhea, nausea, and rash are typical side effects. Those who are allergic to penicillin shouldn't take it due to side effects. Because of wide range of use, removal of ampicillin from water is an important problem. In this study, ampicillin removal was studied with activated carbon adsorbent. As a result of isotherm experiments, maximum adsorption capacity was achieved as 153.75 mg g^{-1}. Adsorption efficiency was reached 96%. Due to ionization species in water of ampicillin, maximum adsorption was observed in acidic pH levels in water medium. According to the results, activated carbon can be used as a useful adsorbent for ampicillin type antibiotics.

Keywords: Ampicillin, activated carbon, adsorption, water treatment

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Introduction

The removal of pharmaceutical contaminants from aqueous environments has become a critical environmental concern due to the widespread use of antibiotics and the subsequent release of their residues into natural water bodies [1]. Among various pharmaceuticals, ampicillin—a broad-spectrum antibiotic commonly used to treat bacterial infections—has been frequently detected in surface waters, groundwater, and wastewater.

Activated carbon (AC) has long been recognized as an effective adsorbent for a wide range of organic and inorganic contaminants due to its high surface area, porosity, and chemical stability. The use of activated carbon for the removal of pharmaceutical contaminants has been extensively investigated due to its adsorptive properties. Adsorption processes on activated carbon are typically influenced by factors such as surface charge, pore structure, and the interaction between adsorbate molecules and the adsorbent surface [1-3].

This study focuses on the adsorption of ampicillin onto activated carbon, exploring the fundamental mechanisms involved, as well as the influence of various operational conditions, such as pH, conduction time, and AC amount. By enhancing the knowledge of the adsorption behavior of ampicillin, this work aims to support the design of sustainable solutions to mitigate the impact of pharmaceutical contaminants on aquatic ecosystems and human health.

Materials and Methods

Ampicillin was supplied from Merck and commercial activated carbon was used in the experiments. Hydrochloric acid (HCl, 37%) and sodium hydroxide (NaOH) were received from Emsure.

Batch adsorption experiments were conducted 20 mL 500 mg L^{-1} ampicillin with various AC amounts (0.5-0.004 g) for 24 h. The determined AC amount was used for conduction time experiments and solution pH. The solution pH was adjusted with 0.1 M HCl and 0.1 M NaOH solutions. Ampicillin solution concentration were measured by UV-Vis spectrophotometer at 240 nm.

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m}$$

$$\text{Adsorption } \% = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

where q_e, C_o, C_e, V and m are adsorption capacity at equilibrium (mg g^{-1}), initial ampicillin concentration, ampicillin concentration in equilibrium (mg L^{-1}), the volume of ampicillin solution (L) and the adsorbent mass (g), respectively.

Results and Discussion

Figure 1 indicates the effect of AC amount on ampicillin adsorption. The increase in AC amount resulted with higher adsorption of ampicillin on the AC surface. Adsorption efficiency was increased from 10% to 100% as the adsorbent amount was reached to 0.4 g. After that point adsorption efficiency did not show any significant change. This was due to all the active adsorption cites on AC surface was filled with ampicillin and no empty space was released.

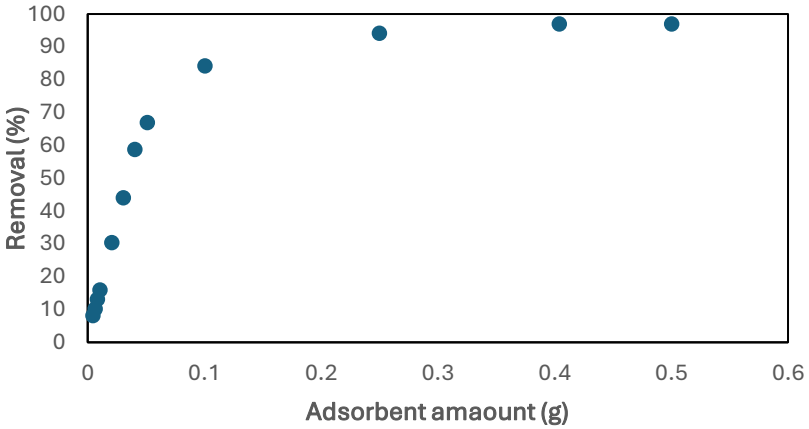


Figure 1. Effect of AC amount on ampicillin adsorption

Conducted time experiments were exhibited at different time intervals and the results were given in Figure 2. Ampicillin adsorption reached the equilibrium in 240 min. AC adsorption capacity was achieved 84.42 mg g^{-1}. At the end of this period, the existing active sites on the composite surface were completely covered by the ampicillin adsorbate and reached equilibrium.

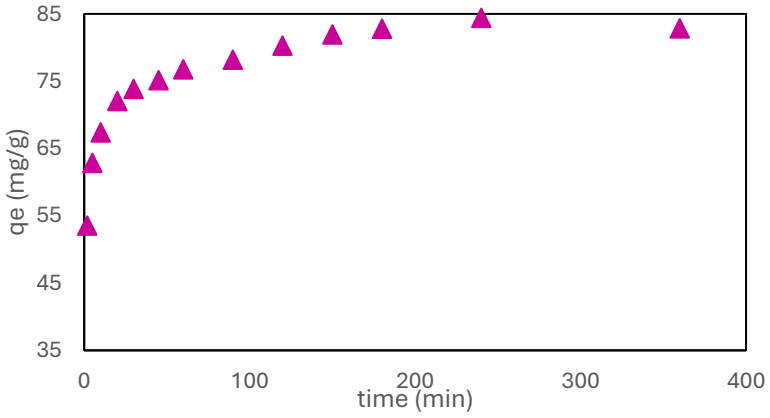


Figure 2. Adsorption time effect on ampicillin adsorption

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Solution pH is an important parameter for the adsorption process due to changing both adsorbent and adsorbate species. Solution pH was changed from pH 2 to pH 11 and the results were given in Figure 3. It was clearly seen that ampicillin adsorption was higher at acidic pH conditions (90 mg g^{-1}) due to electrostatic interactions between negatively charge ampicillin and AC surface. At pH 11 the adsorption capacity of AC was decreased to 78.39 mg g^{-1}. Functional groups on AC plays an important role on ampicillin adsorption.

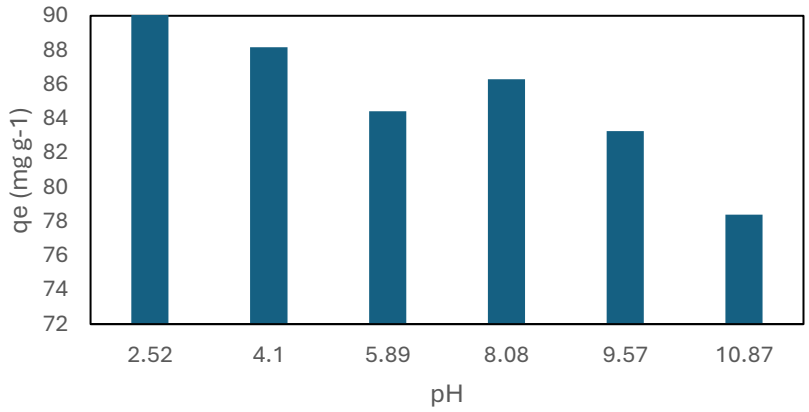


Figure 3. Solution pH effect on ampicillin adsorption

Adorption isotherm of ampicillin adsorption on AC was given in Figure 4. As seen from the Figure 4, adsorption capacity of AC for ampicillin adsorption was found as 466.26 mg g^{-1}. The experimental parameters were used to understand the adsorption mechanism of the process. Therefore, Langmuir and Freundlich adsorption model parameters were calculated and the results were given in Table 1. Comparison of R^2 parameters, Langmuir isotherm model was best fitted model for ampicillin adsorption, which indicates that monolayer ampicillin adsorption occurred on AC surface.

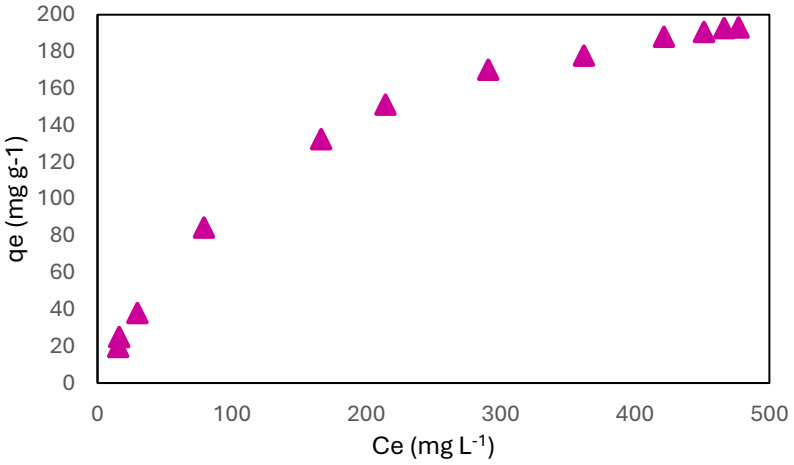


Figure 4. Equilibrium isotherm of ampicillin adsorption

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Conclusion

Ampicillin adsorption on activated carbon was investigated using batch adsorption experiments. Maximum adsorption capacity was found as 466 mg g^{-1} according to Langmuir model, which indicated that monolayer adsorption occurred on AC surface. The pH experiments showed that electrostatic attarctions were important for ampicillin adsorption. Besides, surface functional groups exhibited an important role on ampicillin adsorption in basic conditions. The results showed that AC is a good candidate adsorbent for ampicillin adsorption with high adsorption capacity and could be used for removal of several type antibiotics from wastewater.

References

[1] Ahmad, M. A., & Hameed, B. H. (2010). "The preparation of activated carbon from palm shell and its evaluation for adsorption of phenolic compounds from aqueous solutions." *Journal of Hazardous Materials, 173*(1-3), 18-25.

[2] Cegłowski, M., & Sroka-Bartnicka, A. (2018). "Adsorption of antibiotics from aqueous solutions onto activated carbon: A review." *Science of the Total Environment, 627*, 1027-1041.

[3] Fang, M., Guo, M., & Liu, D. (2019). "Adsorption behavior of antibiotics onto activated carbon: A review." *Environmental Pollution, 250*, 778-790.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Determination Of Antioxi Dant Activity Of *Hypericum Perforatum* (L.) Collected From The Plateaus Of Rize

[1] ***Dr. Öğretim Üyesi EMİNE YURTERİ***[1*]

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3770-2714

[1*]**emine.yurteri@erdogan.edu.tr**

[2]Arş. Gör. Dr. Aysel ÖZCAN AYKUTLU[3]

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-0401-2071

[2]aysel.ozcan@erdogan.edu.tr

Prof. Dr. Fatih SEYİS[3]

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9714-370X

[3]fatih.seyis@erdogan.edu.tr

ABSTRACT

Hypericum perforatum (L.) (St. John's wort) is a plant known for its powerful antioxidant properties. Studies have shown that the extract of the plant contains significant amounts of phenolic compounds, flavonoids and naphthodianthrones, and that these compounds contribute to strong antioxidant activity. The plant material of our study was the studied *Hypericum perforatum* L. plant from different plateaus of Rize. The dried herb of the *Hypericum* plant was extracted using 70% methanol. Total phenols contained in the extracts were calculated as gallic acid equivalent (GAE) using the Folin-Ciocalteu method. In the findings obtained, plant samples collected from different plateaus; According to The antioxidant activity values differed based FRAP analysis. FRAP values were highest in Anzer (1586m= 5080.17 µM TE/g dw) and in Cimil (2068 m =6375.89 µM TE/g dw) and the total phenol content was determined as (69.98mg- 139.30mg) GAE/g.

Keywords: Total phenol, antioxidant activity, *Hypericum*

1. INTRODUCTION

Hypericum perforatum has been used medicinally since ancient Greece. Historically, *H. perforatum* was used by doctors for diuretics, wound healing, menstrual diseases, and intestinal worms (Redvers et al., 2001; Klemow et al., 2011). *H. perforatum* is valued for its antidepressant and wound healing effects (Miller, 1998;Chrea et al., 2014), making it

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

increasingly popular. *H. perforatum* has been used to treat cancer, diabetes, chronic rheumatism, gastrointestinal diseases, jaundice, bronchitis, diarrhoea, dysentery, sore throat infections, colds, worm lowering, antiseptic (Duke, 1990), and burn wounds (Baytop, 1999). Preliminous research pointed out that this species contains components displaying antioxidant properties (Altun et al., 2013; Demirkiran et al., 2013; Zheleva-Dimitrova et al., 2013; Ozkan et al., 2018).

2. EXPERIMENTAL RESEARCH (or METHODS)

2.1. Sampling of experimental materials

H. perforatum samples were collected from the natural flora of the plateaus of Anzer and Cimil highlands in Rize during their development periods between April and July 2020. location information regarding the sampling points are given in Chart 1.

Chart 1. Collection information about collected samples

Collection site of investigated samples	**Altitude**
Anzer	391
	631
	1318
	1536
	1733
Cimil	1311
	1447
	1968
	2068
	2169

Analyzed samples were collected from different altitudes of the Anzer and Cimil Plaeaus of Rize. After drying at room temperature (20 ± 2 °C), the total phenolic content and antioxidant activity efficiency were analyzed for each plant material.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Image 1: My view on the appearance of the *Hypercom perfaratum* (L.) plant (a) and its use in traditional folk medicine (b)

2.2. Extraction for Total Phenolic Content and Antioxidant Activity Analysis

The international ISO 14502-1:2005 method was used in the extraction process carried out for the determination of antioxidant activity and total phenolic content. 0.1 g (±0.001 g precision) of plant samples prepared for analysis were weighed into centrifuge tubes and 10 ml of 80% methanol solvent was added. The prepared solution was stirred in an ultrasonic water bath at 50 °C for 20 min and then kept in the dark for 1 hour. In the final stage, the extracts were centrifuged at 4000 rpm for 20 min, and the supernatants (clear liquid) remaining at the top were passed through a membrane filter and placed in Eppendorf tubes.

2.3. Determination of Total Phenol Content

Total phenolic content was determined according to the Folin-Ciocalteu method described by Waterhouse (2002). Distilled water (1.58 mL) and 0.2 N Folin-Ciocalteu reagent (0.1 mL) were added to the plant extracts (0.02 mL), respectively, and mixed. Then, 0.3 mL of sodium carbonate (Na_2CO_3) solution (75 g/L) was added and the tubes were kept on a magnetic shaker (15 min at 50 °C). Distilled water was added to the reference tubes instead of plant extract. Absorbance readings (at 765 nm wavelength) were measured with a Shimadzu brand UV-1800 model spectrophotometer device, and gallic acid calibration curve was created and calculations were made. Total phenolic content was expressed as mg gallic acid/g (mg GAE/g) dry weight.

2.4. Determination of Antioxidant Activity by FRAP (Iron Reducing Antioxidant Capacity) Method

Antioxidant activity was determined using the FRAP method developed by Benzie and Strain (1996). In the preparation of the FRAP solution, 25 ml of 0.3 M acetate buffer, 2.5 ml of TPTZ solution (HCl was used as solvent) and 2.5 ml of 20 mM $FeCl_3.6H_2O$ solution were used. 20 µl of extract and 1.98 ml of FRAP solution (with stirring at 37ºC for 3 min) were added to the analysis tubes. Distilled water was added to the reference samples. Absorbance values were

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

determined at 593 nm wavelength using Shimadzu brand UV-1800 spectrophotometer. A standard curve was created using $FeSO_4.7H_2O$ at different concentrations (25, 50, 75 and 100 ppm) and the iron reducing capacity was expressed as µM $FeSO_4$/g.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The obtained total phenolic content values (TP) and antioxidant values (DPPH and FRAP) of investigated *H. perforatum* samples are given in Chart 2.
The highest phenolic content (139.30 mg GAE/gr) was obtained at the altitude of 631 m in Anzer, whereas in Cimil the corresponding value was 184.76 mg GAE/gr at a altitude of 2068 (Chart 2., Image 2.). The antioxidant activity values differed based FRAP analysis. FRAP values were highest in Anzer 1586 as 5080.17 µM TE/g dw and in Cimil at 2068 m 6375.89 µM TE/g dw (Chart 2. ,Image 3.).

Chart 2: Total phenolic content, DPPH, radical scavenging and FRAP-activities of studied *Hypericum perforatum* samples

Sample	**TP mg GAE/gr**	**FRAP µM TE/g dw**
Anzer 391 m	114,89 ± 0,0072	4683,08 ± 0,0148
Anzer 631 m	139,30 ± 0,0041	4901,48 ± 0,0316
Anzer 1318 m	112,55 ± 0,0051	2631,15 ± 0,0151
Anzer 1586 m	99,07 ± 0,0041	5080,17 ± 0,0520
Anzer 1733 m	69,98 ± 0,0025	3696,39 ± 0,0615
Cimil 1311 m	103,19 ± 0,0035	5282,17 ± 0,0196
Cimil 1447 a	138,85 ± 0,0094	4544,10 ± 0,0396
Cimil 1968 m	96,28 ± 0,0026	2606,98 ± 0,0117
Cimil 2068 m	184,76 ± 0,0110	6375,89 ± 0,0546
Cimil 2169 m	129,04 ± 0,0060	4084,85 ± 0,0329

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

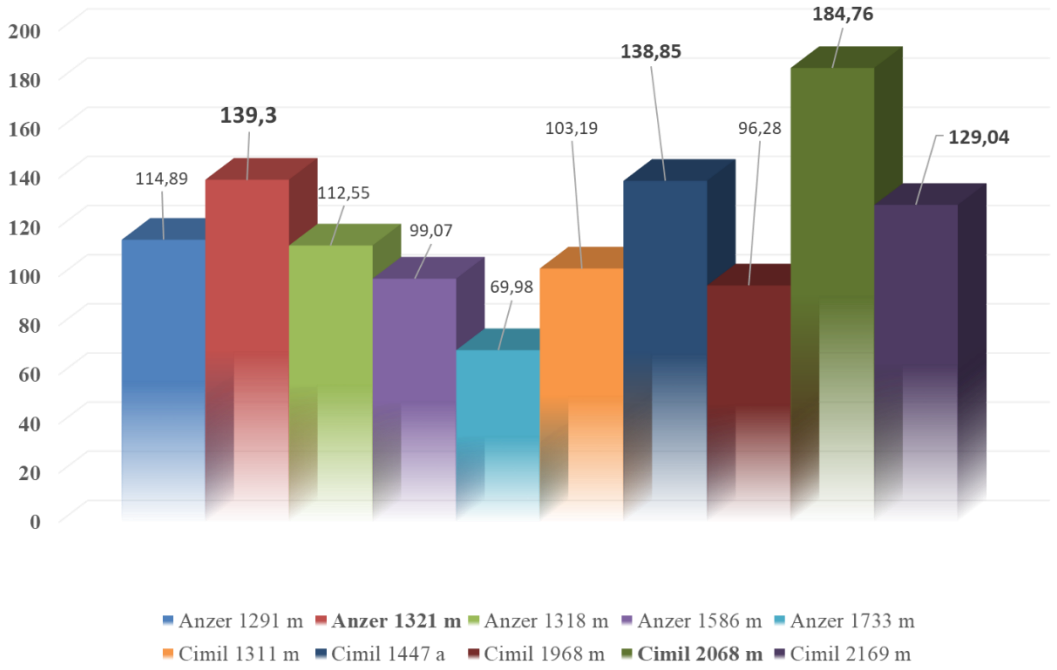


Image 2: *Hypericum perfaratum* (L.)Total Phenolic Content (mg GAE g-1 dw)

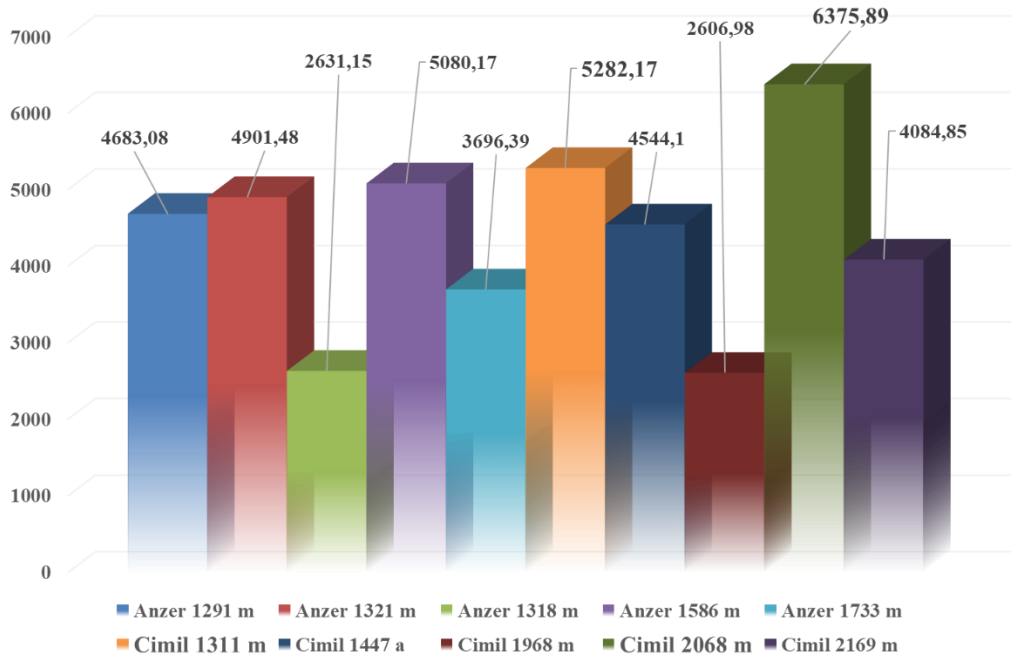


Image 3: *Hypericum perfaratum* (L.) Antioxidant Activity (FRAP) (µmol FeSO4 g-1 dw

When the data is examined; In general, it is possible to say that the total phenolic substance content of the plant samples collected from the Cimil plateau is higher than the samples collected from the Anzer plateau. When the samples collected from different altitudes of Çimil plateau are examined; Plants with the lowest antioxidant content; 1968m is the highest; It was obtained from plants collected from 2068m. The secondary metabolite content of plants is primarily responsible for their overall biological activity. Agronomic, genetic and

environmental factors all influence the secondary metabolite content of plants (Neugart et al., 2018).

Following the antioxidant compound's reaction with DPPH, the DPPH radical's colour changes at 517 nm to determine the free radical scavenging activity. By giving the DPPH radical hydrogen, antioxidants stabilise When it came to scavenging free radicals, *H. perforatum* outperformed the antioxidant BHA standart in the work of Güzel et al. (2019). The authors stated that *H. perforatum* may be a free radical inhibitor in light of these findings. In the same study using FRAP *H. perforatum* showed a higher reducing capacity than the standard antioxidant BHA (Soare et al., 1997).

The secondary metabolite content of the plants is primarily responsible for their overall biological activity. Agronomic, genetic, and environmental factors all influence the plants' secondary metabolite contents (Neugart et al., 2018). İn our case it seems that genotype was more effective in given results, which needs furher provement. There aren't many studies on the various *Hypericum* species in our nation. However, because of the variety of *Hypericum* species that our geography supports, its rich biodiversity allows for further research to bridge this scientific gap. For this reason, our research's data can be utilized and enhanced for further research in this area.

REFERENCES

Altun, M.L., Yılmaz, B.S., Orhan, I.E., Gülcin Saltan Citoglu, Assessment of cholinesterase and tyrosinase inhibitory and antioxidant effects of *Hypericum perforatum* L. (St. John's wort), Industrial Crops and Products, Volume 43, 87-92, 2013.

Baytop, T. Treatment with herbs in Turkey: past and present. Turkey , 1999.

Chrea, B., O'Connell, J. A., Silkstone-Carter, O., O'Brien, J., and Walsh, J. J. (2014). Nature's antidepressant for mild to moderate depression: isolation and spectral characterization of hyperforin from a standardized extract of St. John's wort (*Hypericum perforatum*). Journal of chemical education, 91(3), 440-442.

Demirkiran, O., Mesaik, M.A., Beynek, H., Abbaskhan, A., Choudhary, M.I. Immunosupressive phenolic constituents from *Hypericum montbretii* Spach. Records Natural Products, 7, 210, 2013.

Duke, J. A. CRC Handbook of Medicinal Herbs. In International Clinical Psychopharmacology, 1990.

Güzel, A., Akyüz, M., and Şanda, M. A. (2019). Determination of Antioxidant activity of *Hypericum perforatum*. Journal of Integrative and Anatolian Medicine, 1(1), 9-18.

Klemow, K. M., et al. "Medical Attributes of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*). Editors In: Benzie IFF, Wachtel-Galor S, editors. Source Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects. Chapter 11." 2011.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Miller, A. L. (1998). St. John's Wort (*Hypericum perforatum*): clinical effects on depression and other conditions. Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic, 3(1), 18-26.

Neugart, S., Baldermann, S., Hanschen, F. S., Klopsch, R., Wiesner-Reinhold, M., and Schreiner, M. (2018). The intrinsic quality of brassicaceous vegetables: How secondary plant metabolites are affected by genetic, environmental, and agronomic factors. Scientia Horticulturae, 233, 460-478.

Ozkan, E.E., Ozden, T.Y., Ozsoy, N., Mat, A. Evaluation of chemical composition, antioxidant and anti-acetylcholinesterase activities of *Hypericum neurocalycinum* and *Hypericum malatyanum.* S. Afr. J. Bot., 114, 104–110, 2018.

Redvers, A., Laugharne, R., Kanagaratnam, G., and Srinivasan, G. J. P. B. (2001). How many patients self-medicate with St John's wort?. Psychiatric Bulletin, 25(7), 254-256.

Soare, J. R., Dinis, T. C., Cunha, A. P., and Almeida, L. (1997). Antioxidant activities of some extracts of Thymus zygis. Free radical research, 26(5), 469-478.

Zheleva-Dimitrova, D., Nedialkov, P., and Momekov, G. (2013). Benzophenones from *Hypericum elegans* with antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory potential. Pharmacognosy Magazine, 9(Suppl 1), S1.

Stevia rebaudiana (Bertoni) Bitkisinin Tıbbi ve Endüstriyel Yönünün Araştırılması

***Emine YURTERİ*[1*]**

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, TÜRKİYE

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3770-2714

[1*]emine.yurteri@erdogan.edu.tr

***Aysel ÖZCAN AYKUTLU*[2]**

[2]Arş. Gör. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, TÜRKİYE

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-0401-2071

[2]aysel.ozcan@erdogan.edu.tr

***Fatih SEYİS*[3]**

[3]Prof. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, TÜRKİYE

[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9714-370X

[3]fatih.seyis@erdogan.edu.tr

ÖZET

Stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Asteraceae familyasından, olan yabani, küçük ve çalımsı bir bitkidir. Stevia'nın M.Ö. 1500 yıllarından beri Güney Amerika'da yaşayan Guarani'ler adlı yerli kabile tarafından yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Stevia, Paraguay Kızılderilileri tarafından "tatlı ot" ve "ballı yaprak" gibi değişik isimlerle adlandırılmıştır. 1931 yılında, iki Fransız kimyager (M. Briedel ve R. Lavieille) Stevia'nın kendine özgü tatlandırıcı özelliğini veren glikozitleri izole etmiştir. Bu bileşikler Stevioside ve Rebaudioside olarak adlandırılmış ve şekere (sakaraoz) göre 250-300 kez kat daha tatlı, ısı ve pH stabilitesi yüksek, fermente olmayan bir tatlandırıcı olduğu belirlenmiştir. Stevia; Stevia ekstraktı, insan sağlığı üzerindeki mükemmel etkileri sebebiyle insanlar arasında oldukça yaygındır. Yüksek adaptasyon ve yüksek tatlandırıcı özelliğinden dolayı Şeker kamışından/pancarından elde edilen şeker yerine kullanılabilen bir ürün olarak kabul edilmektedir. En iyi doğal sağlıklı tatlandırıcı» olarak nitelendirilmektedir. Şekerleme, içecek, gıda, ilaç vb. gibi farklı sektörlerde geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Steviozit, obezite, *rebaudiana*

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Investigation of Medicinal and Industrial Aspects of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Plant

***Emine YURTERİ*[1*]**

[1]Assistant Professor, Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Pazar, Rize

[1]ORCID: 0000-0002-3770-2714

[1*]emine.yurteri@erdogan.edu.tr

***Aysel ÖZCAN AYKUTLU*[2]**

[2]Research Assistant PhD, Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Pazar, Rize

[2]ORCID: 0009-0001-0401-2071

[2]aysel.ozcan@erdogan.edu.tr

***Fatih SEYİS*[3]**

[3]Professor, Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Pazar, Rize

[3]ORCID: 0000-0001-9714-370X

[3]fatih.seyis@erdogan.edu.tr

ABSTRACT

Stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) is a wild, small and bushy plant from the Asteraceae family. Stevia B.C. It is known that it was widely used by the indigenous tribe called Guarani, who have been living in South America since 1500. Stevia was called by the Paraguayan Indians by various names such as "sweet herb" and "honey leaf". In 1931, two French chemists (M. Briedel and R. Lavieille) isolated the glycosides that give Stevia its unique sweetening property. These compounds were named Stevioside and Rebaudioside and were determined to be a non-fermentable sweetener that is 250-300 times sweeter than sugar (succharose), has high heat and pH stability. Stevia;. Stevia extract is quite common among people due to its excellent effects on human health. Due to its high adaptability and high sweetening properties, it is considered a product that can be used instead of sugar obtained from sugar cane/beet. It is described as the

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

"best natural healthy sweetener". Confectionery, beverage, food, medicine etc. It is widely used in different sectors such as.

Key Words: Stevioside, obesity, *rebaudiana*

1. Introduction

Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) is a wild, small and bush-like plant from the Asteraceae family. It is known that Stevia has been widely used by the Guarani indigenous tribe living in South America since 1500 BC. Stevia was called by various names such as "sweet grass" and "honey leaf" by the Paraguayan Indians. In 1897, the famous Swiss botanist Moises Santiago Bertoni made the first detailed descriptions of the Stevia plant and its sweetening properties, a new source of sweet sugar that had been known to the natives living in Central and South America for a long time (Gosling (1901); Bertoni (1905); Lewis (1992), Schultz-Bipontinus (1852).

In 1931, two French chemists (M. Briedel and R. Lavieille) isolated the glycosides that give Stevia its unique sweetening properties. These compounds were named Stevioside and Rebaudioside and were determined to be a non-fermentable sweetener that is 250-300 times sweeter than sugar (saccharose), has high heat and pH stability (Blumenthal, (1995), Clark (2000), Yoshihira et al. (1987), Oliveira (1993), Brandle et al. (1998).

It is a small seasonal plant that grows to a height of 30-60 cm. It has long leaves that grow along the stems and are arranged opposite each other. The flowers are typically pruned to improve the taste of the leaves. Stevia is a perennial plant native to the humid, wet regions of Brazil and Paraguay. Stevia extract is quite common among people due to its excellent effects on human health. It is considered a product that can be used as a sugar substitute obtained from Sugar cane/beet due to its high adaptability and high sweetening properties. It is described as the «best natural healthy sweetener». It is widely used in different sectors such as confectionery, beverages, food, pharmaceuticals, etc (Brandle, J.E. (1999), Bertoni, M.S. (1905), Kinghorn et al. (1984).

Obesity and weight gain are among the most important health risk factors in the world. For this reason, people's search for low-calorie but high-taste nutrients and foods in their weight loss programs or daily lives is increasing rapidly. The *Stevia rebaudiana* plant is one of the most studied plants in this context, and the production and use of sweeteners derived from this plant continues in many countries (Kinghorn and Soejarto (1985).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Properties of Stevia Plant:

- ✓ White or off-white powder or granule form with 250-300 times more flavor intensity:
- ✓ When consumed in high concentrations, it leaves a slightly bitter taste
- ✓ It has only 1/300 of the calories of cane sugar.
- ✓ Its taste can stay in the mouth longer and does not disappear easily.
- ✓ Melting point = 196℃-198℃ >>Stevioside has the ability to withstand high temperatures.

To summarize briefly; The main reasons why Stevia is different from other sweeteners are; it is heat resistant, non-toxic, does not leave a bitter taste in the mouth and has a high fiber content. In addition, the sweetening feature of Stevia is due to the high sweetness and low calorie properties of glycosides.

Chemical Composition of Stevia Plant:

Stevia leaves contain steviol glycosides, phenolic compounds, vitamin C, carotenoids and chlorophylls. The fact that it is rich in glycosides and phenolic compounds allows the plant to be widely used in medicine and to be studied. It is a strong antioxidant and antimicrobial plant thanks to the density of phenolic compounds (Oliveira Ferro, V. (1997), Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1991), Bertoni, M.S. (1918)). The leaves contain more than one steviol glycoside compound (5–10%), and these are; Rebaudioside A (2–4%), Rebaudioside B (< 1%), Rebaudioside C (1–2%), Rebaudioside D (< 1%), Rebaudioside E (< 1%) and Dulcoside A (0.5–1%). Among these steviol glycosides, the most valuable is Rebaudioside A (Reb A), which is 400-500 times sweeter than normal sugar (Kinghorn et al. (1985), Crammer and Ikan (1987) and Phillips (1987).

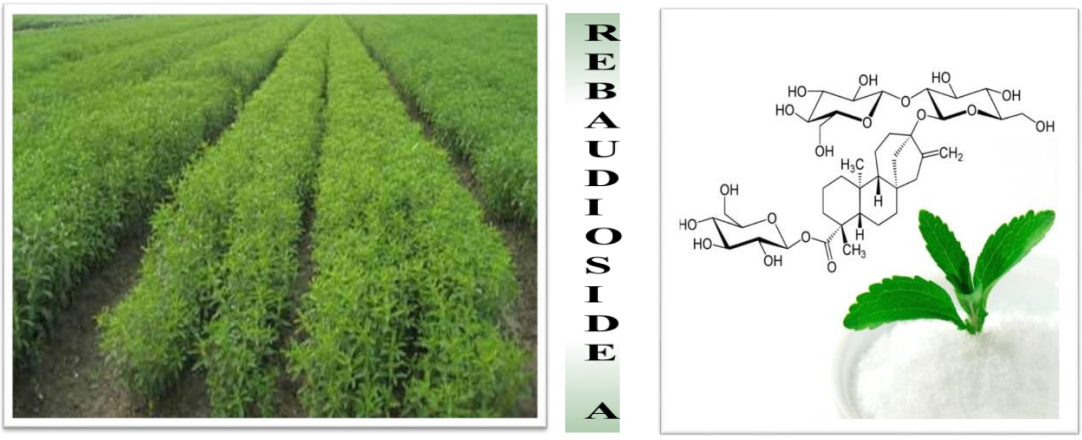


Figure 1. Chemical appearance of the stevia plant and steviosides Rebaudıoside A

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Medicinal value and uses of *Stevia rebaudiana:*

Antioxidant Properties: Antioxidants are substances that delay the onset of oxidation of autoxidizable materials or reduce the rate of oxidation. It is known that hundreds of compounds, both natural and synthetic, have antioxidant properties.

They stated that the antioxidant properties of *S. rebaudiana* leaves are due to polar compounds such as chlorophyll, carotenoids, phenolic compounds and flavonoids. Phenolic compounds are divided into two groups as phenolic acids and flavonoids. Flavanoids are polyphenolic antioxidants found in the natural structures of herbal teas, fruits and vegetables Katz, N.L. and Kamath, S.K. (1985), Bertoni, M.S. (1918), Brandle, J.E. and Rosa, N. (1992), Sakaguchi, M. and Kan, T. (1982)). It was determined that there are antioxidant compounds such as phenolic compounds and flavonoids in Stevia leaves and the existing phenolic compounds found in Stevia are given in Figure 2.

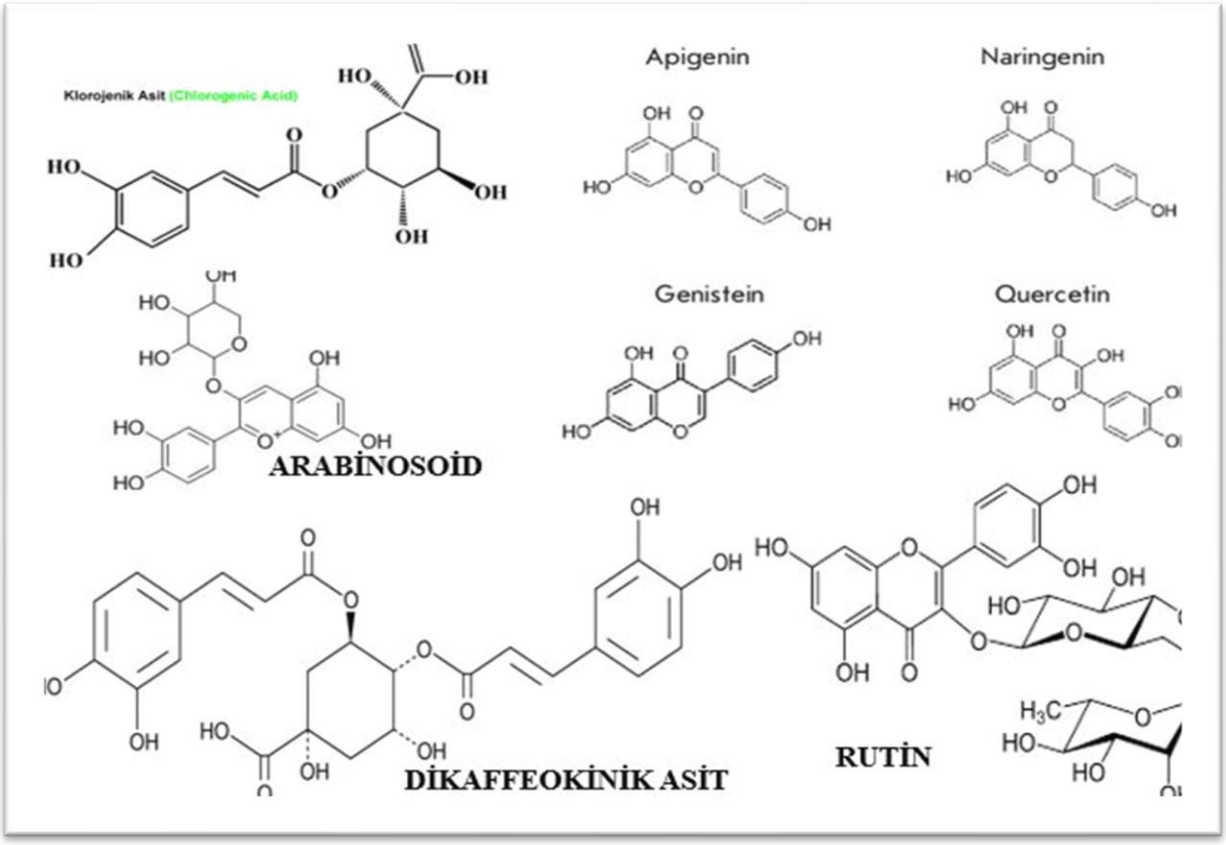


Fıgure 2. Phenolic compounds found in the Stevia plant and their chemical appearance

Antimicrobial Properties: Antimicrobial compounds are mostly found in plants and/or fruits as secondary metabolites such as phenols and their oxygen-substituted derivatives Oliveira Ferro,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

V. (1997). The main compounds responsible for antimicrobial effects in plants are known as Phenolics, Phenolic acids, Quinones, Saponins, Flavonoids, Tannins, Coumarins, Terpenoids and Alkaloids. Although the mechanisms of action of natural antimicrobial substances are not fully understood, it is known that terpenoids and phenolics break down cell membranes, flavonoids cause metal chelation, and coumarins and alkaloids prevent microorganism growth by affecting genetic material (Mata et al. (1992), Muanda, F.N.et al. (2011). Kinghorn, A.D.et al.,(1995), Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1991), Kinghorn, A.D. and Compadre, C.M. (1991)).

It has been determined that there are some phenolic acids such as gallic acid, caffeic acid and protocatechuic acid with antimicrobial effect in *Stevia rebaudiana* extracts and some flavonoid substances such as quercetin, isoquercetin, apigenin and luteolin that may be present in *Stevia rebaudiana* extract. In addition, there are various studies on the antimicrobial properties of Stevia. Steviol glycosides can be used instead of sugar in patients with obesity, diabetes, hyperlipidemia, coronary diseases and phenylpropanoid ketone (PKU). It can also serve as an adjunct to treatment (Sakaguchi, M. and Kan, T. (1982), Schultz-Bipontinus, C.H. (1852). It helps in the prevention of external decay and enteric diseases. According to clinical studies, stevia is especially effective in improving insulin sensitivity in type 2 diabetes. Steviol glycosides can help bacteria and lactobacilli grow. These bacteria ferment carbohydrates in food, producing acetic acid, propionic acid, butyric acid and lactic acid, which lower intestinal pH and inhibit the growth of pathogens such as Escherichia coli, Clostridium and Salmonella. Steviol glycosides reduce the formation of spoilage, help intestinal penstaltis and relieve constipation. Stevia fermentation extract has a pronounced function on histamine antagonist (antihistamine), has a relieving effect on allergic rhinitis (hay fever), urticaria (urticaria) and asthma (Harvey (1975); Bruneton (1995).

Industrial Use of Stevia:

The Stevia plant has entered many areas in the industry thanks to the natural sweetener it contains. Steviosides and steva plant, which are widely used in many countries; In the USA, the use of Stevia as a food additive was banned in 1987, but in 1995, the plant was allowed to be used as a diabetes product and as a sweetener after 2008. Since December 2011, the European Union (EU) has allowed the use of Steviol Glycosides (E960) as a food additive and sweetener and has determined the daily intake amount for Stevia glycosides as 4 mg/kg body weight. In addition, its use in various food categories has been deemed appropriate for special medical purposes and weight control food supplements and diet foods, flavored fermented milk products,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ice cream, chocolate products, bakery products, marmalade, fruit nectar, flavored drinks. (Anoymus 2024 c). In our country, according to the Turkish Food Codex Food Additives Regulation (numbered 28693), published in the Official Gazette on 30.06.2013, Steviol Glycosides (E 960) are permitted to be used as sweeteners in Turkey. In our country, according to the Turkish Food Codex Food Additives Regulation (numbered 28693), published in the Official Gazette on 30.06.2013, Steviol Glycosides (E 960) are permitted to be used as sweeteners in Turkey. (Anoymus, 2024a).

Table: 1. Industrial Uses of Stevia Plant

Product	Additive dose	Advantage
Drink	10-50%	(1) Improves taste. (2) Reduces high sugar taste. (3) Can be used by people who cannot consume much sugar.
Medicine	Based on need	(1) Reduces cost. (2) Increases health protection. (3) Increases taste.
Cold drink	10-25%	(1) Improves taste.
Product containing alcohol	20-50%	(1) Stevia liquid is light in color and tastes fresh. (2) Reduces the high sugar taste. (3) Extends shelf life.
Sugary fruits	20-30%	(1) Improves taste and extends shelf life.
Flavor	20-30%	(1) Improves flavor and extends shelf life. (2) Reduces pickling time, reduces dehydration. (3) No browning or fermentation.
Spice	20-40%	(1) Preserves packaging properties. (2) Enhances taste and extends shelf life. (3) Reduces product costs.
Toothpaste	Based on need	(1) Taste stays on the palate for a long time. (2) Helps to clean bacteria in the mouth. (3) Reduces product costs.
Beer	10-40%	(1) Improves taste. (2) Creates more foam.
Fruit wine	50%	(1) It can increase the aroma of wine. (2) It reduces its density and improves its taste.
Liqueur	10-20%	(1) It can remove hot taste from wine.

Kaynak; Anoymus, (2024b)

As a result, the stevia plant; It has positive effects on high blood pressure, diabetes, obesity, heart diseases, tooth decay, etc., colds, influenza, skin care, and other skin-related diseases, and is used in the treatment of many diseases. In the industrial field, it is among the products that do not threaten human health as a safe food, and is used as a natural sweetener for medical purposes.

KAYNAKÇA

Anoymus 2024a :https://baka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/stevia.pdf (Access date: 29.12.2024)

Anoymus, 2024b: https://www.britannica.com/plant/stevia-plant (Access date: 29.12.2024)

Anoymus, 2024c: https://en.wikipedia.org/wiki/*Stevia_rebaudiana* (Access date: 29.12.2024)

Bertoni, M.S. (1905) Le Kaá hê-é: sa nature et ses propriétés. Anales Cientificos Paraguayos, Serie I 5, 1–14.

Bertoni, M.S. (1918) La *Stevia rebaudiana* Bertoni. La estevina y la rebaudina, neuvassubstancias edulcorantes. Anales Cientificos Paraguayos, Serie II 6, 29–134.

Blumenthal, M. (1995) FDA lifts import ban on Stevia. Herb can be imported on as a dietary supplement; future use as a sweetener is still unclear. HerbalGram 35, 17–18.

Brandle, J.E. (1999) Genetic control of rebaudioside A and C concentration in leaves of the sweet herb, *Stevia rebaudiana. Canadian Journal of Plant Sciences* 79, 85–92.

Brandle, J.E. and Rosa, N. (1992) Heritability for yield, leaf:stem ratio and stevioside content estimated from a landrace cultivar of *Stevia rebaudiana*. *Canadian Journal of Plant Sciences* 72, 1263–1266.

Brandle, J.E., Starratt, A.N. and Gizjen, M. (1998) *Stevia rebaudiana*: its agricultural, biological, and chemical properties. *Canadian Journal of Plant Sciences* 78, 527–536

Bruneton, J. (1995) Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants, Lavoisier, Paris, pp. 422–423.

Clark, S. (2000) Sweet dreams. London Sunday Times, Style section, 1 April, p. 51.

Crammer, B. and Ikan, R. (1987) Progress in the chemistry and properties of the rebaudiosides. In Developments in Sweeteners-3, T.H.Grenby (Ed.), Elsevier Applied Science, London, pp. 45–64.

Gosling, C. (1901) Caá-êhê or azuca-caá. Kew Bulletin, pp. 183–194

Harvey, S.C. (1975) Topical drugs. In Remington's Pharmaceutical Sciences (15th edn), Mack Publishing Co., Easton, Pennsylvania, pp. 719–722.

Katz, N.L. and Kamath, S.K. (1985) Studies to identify, isolate, develop, and test naturally occurring noncariogenic sweeteners that may be used as dietary sucrose substitutes. Government Reports and Announcements Index (United States) 85 (11), 47. [Chemical Abstracts (1985) 103, 86674c].

Kinghorn, A.D. and Compadre, C.M. (1991) Less common high-potency sweeteners. In Alternative Sweeteners (2nd edn, Revised and Expanded), L.O'Brien Nabors and R.C.Gelardi (Eds), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 197–218.

Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1989) Intensely sweet compounds of natural origin. Medicinal Research Reviews 9, 91–115.

Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1991) Stevioside. In Alternative Sweeteners (2nd edn, Revised and Expanded), L.O'Brien Nabors and R.C.Gelardi (Eds), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 157–171.

Kinghorn, A.D., Fullas, F. and Hussain, R.A. (1995) Structure-activity relationship of highly sweet natural products. In Studies in Natural Products Chemistry. Volume 15, Structure and Chemistry (Part C), Atta-urRahman (Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 3–41.

Kinghorn, A.D., Soejarto, D.D., Katz, N.L. and Kamath, S.K. (1985) Studies to identify, isolate, develop, and test naturally occurring noncariogenic sweeteners that may be used as dietary sucrose substitutes. Government Reports and Announcements Index (United States) 85 (11), 47. [Chemical Abstracts (1985) 103, 86674c].

Kinghorn, A.D., Soejarto, D.D., Nanayakkara, N.P.D., Compadre, C.M., Makapugay, H.C., HovanecBrown, J.M. et al. (1984) A phytochemical screening procedure for sweet ent-kaurene glycosides in the genus Stevia. *Journal of Natural Products* 47, 439–444.

Kinghorn, A.D., Soejarto, D.D., Nanayakkara, N.P.D., Compadre, C.M., Makapugay, H.C., HovanecBrown, J.M. et al. (1984) A phytochemical screening procedure for sweet ent-kaurene glycosides in the genus Stevia. *Journal of Natural Products* 47, 439–444.

Lewis, W.H. (1992) Early uses of *Stevia rebaudiana* (Asteraceae) leaves as a sweetener in Paraguay. *Economic Botany* 46, 336–337.

Mata, R., Rodríguez, V., Pereda-Miranda, R., Kaneda, N. and Kinghorn, A.D. (1992) Stevisalioside A, a novel bitter-tasting ent-atisene glycoside from the roots of Stevia salicifolia. Journal of Natural Products 55, 660–666.

Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B., Dicko, A. (2011). Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* bertoni leaves. LWT-Food Science and Technology, 44(9), 1865–1872.

Oliveira Ferro, V. (1997) Faculty of Pharmaceutical Sciences, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, private communication

Phillips, K.C. (1987) Stevia: steps in developing a new sweetener. In Developments in Sweeteners -3, T.H. Grenby (Ed.), Elsevier Applied Science, London, pp. 1–43.

Sakaguchi, M. and Kan, T. (1982) Japanese research on *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni and stevioside. Ciência e Cultura (São Paulo), 34, 235–248.
Schultz-Bipontinus, C.H. (1852) Stevia. Linnaea 25, 268–292.

Yoshihira, K., Matsui, M. and Ishidate, M. (1987) Chemical characteristics and biological safety of a glycosidic sweetener, stevioside. *Tokishikoroji Forami* 10, 281–289

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FARKLI DOZLARDA UYGULANAN SİLİSYUM VE POTASYUMUN DOMATES (*Solanum lycopersicum* L.) FİDESİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Özlem ÜZAL
Van Yüzüncü Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Van, Türkiye
ozlemuzal@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1538-820X
Yük. Zir. Müh. Ramazan PARAN
Van Yüzüncü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye,
ramazannpr18@gmail.com, ORCID ID:0009-0008-3381-4576
Prof. Dr. Fikret YAŞAR
Van Yüzüncü Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Van, Türkiye,
fyasar@yyu.edu.tr- ORCID ID:0000-0001-6598-8580

ÖZET

Bu çalışmada, farklı dozlarda potasyum (K) ve silisyum (Si) elementi uygulamalarının domates fidesi gelişimi üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Çalışmada, Falcon domates tohumu kullanılmıştır. Torf ve perlit karışımından hazırlanan fide yetiştirme harcı, viyollere doldurulduktan sonra tohumlar bu karışıma eşit derinlikte ekilmiştir. Tohumlar çimlenene kadar sulama saf su ile yapılmıştır. Viyollerin üzeri kağıtla kapatılmış ve çimlenme süreci başladıktan sonra kağıt kaldırılmıştır. Gerçek yapraklar ortaya çıkan fideler, ondört farklı besin solüsyonu ile sulanarak büyütülmüştür. Hazırlanan besin solüsyonlarında N, P, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu ve Zn sabit tutulurken, K ve Si ise farklı dozlarda uygulanmıştır. Dikim olgunluğuna gelen fidelerin gelişim parametrelerinden yaş kök, yaprak ve gövde ağırlıkları (g), yaprak sayısı (adet), gövde boyu ve çapı (mm) ve boğum arası mesafe (mm) ölçümleri yapılmıştır.
Verilerin değerlendirilmesinde Statgraphics istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. Yapılan ölçüm ve analizler sonucunda; 5,11 ve 14. uygulamaların yapıldığı fidelerin en kaliteli, iyi gelişmiş fideler olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Domates fide gelişimi; Fide kalitesi; Potasyum; Silisyum

1. GİRİŞ

Sebzecilikte, başarılı bir üretimin temel esasını fide ile üretim yapılmaktadır. Domates, biber, patlıcan, lahana, karnabahar, brokoli, marul ve hıyar gibi sebze türleri fideyle üretimi yapılmaktadır. Bunun yanında turfanda yetiştiricilikte ve örtü altı sebzecilikte çoğu sebze türünün fideleri üretilip ardındanda üretimi yapılacak yerlere dikimlri yapılmaktadır. Üreticiler, fide ile üretime başlamayı tercih ederek arazi, tohum ve enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra sağlıklı, homojen bir üretim ve erkencilik avantajı elde etmektedir (Demir ve ark.,2010).

Üretici koşullarındaki zorluklar nedeniyle, son yıllarda ülkemizde kontrollü ortamlarda üretilen hazır fideler için talep artmıştır. Hazır fideler, toprak kökenli kök ve kök boğazı hastalıklarından arındırılmıştır. Fidelere uygulanan özel bakım süreçleri sayesinde, kök sistemi güçlü bir şekilde gelişir ve arazide dikilen fideler hızlı bir şekilde tutunarak hızla büyür ve gelişir.

Potasyum bitkilerde hayati önemi olan fizyolojik, biyokimyasal ve metabolik işlevlere sahiptir. Bu işlevler sonucunda da bitkilerin verimi ve kalitesi artmaktadır. Potasyum protein kapsamına, turgora, bitkilerde su yitmesine, solmayı önler, enzim aktivitesine, fotosenteze, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmasına yardım eder. Potasyum bitkilerin kök gelişimi ve büyümesini olumlu şekilde etkileyerek bitkilerin yatmasını önler, düşük sıcaklığa, hastalık ve zararlılara karşı dayanımı artırır, erkenciliği sağlar, azotun etkinliğini artırır. Bu etkinlikleriyle potasyum, verim üzerine olumlu etki yapar. Protein içeriklerini artırarak gıda ve yem bitkilerinin besin değerlerini yükseltmektedir, yem bitkilerinin daha kaliteli olmalarına yardım etmektedir. Mısır ve öteki daneli bitkilerin danelerinin dolgun olmalarını, üniform şekilde erken olgunlaşmalarını sağlamaktadır. Çeşitli meyvelerin renk, büyüklük, tat ve aromalarına olumlu etki yapar, depolanmalarında ağırlık kaybının az olmasına, pazarlama oranının artmasına ve pazarlarken taşınmaları esnasındaki kaybı en aza indirmek suretiyle kaliteyi artırmaasına fayda sağlar (Kacar,2005).

Son yıllarda, silisyum elementinin bitkilerin büyüme ve işlevleri üzerindeki doğrudan veya dolaylı olumlu etkileri nedeniyle dünya genelinde silisyuma olan ilgi artmıştır. Silisyumun, özellikle elverişsiz iklim koşullarında yüksek sıcaklık ve kuraklık stresi, mineral toksisitesi ve aşınmaya karşı dayanıklılık gibi abiyotik streslere; bitki hastalıkları ve zararlı böceklere karşı koruma sağlayarak biyotik streslere karşı bitkileri desteklediği ve gelişimlerini teşvik ettiği belirtilmektedir (Sistani ve ark, 1997; Hasegawa ve ark., 2000).

Silisyum, bitkide hareketsiz olduğu için transpirasyon yoluyla bitkinin üst yapraklarına taşınır. Alınan silisyum özellikle yaprak kutikülünün altında birikerek yaprakların daha dik durmasına katkıda bulunur, fotosentetik etkinliği artırır ve transpirasyonu destekler. Bunun yanı sıra, bitki sapının sağlamlığını artırarak yatmaya karşı direnç sağlar ve fide dikimi sonrasında kardeşlenme oranını yükseltir (Ma ve ark., 2004).

Bu bilgilerin ışığında yapılan bu çalışma, farklı dozlarda potasyum (K) ve silisyum (Si) elementi uygulamalarının domates fide gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, split klimalı iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Denemede bitkisel materyal olarak, Bursa Tohum firmasının Falcon isimli standart domates çeşidine ait tohumlar tercih edilmiştir. Falcon standart domates çeşidi, açık alan yetiştiriciliği için uygun bir yer domatesi olup, meyveleri yuvarlak şekilli, sert kabuklu ve kırmızı renklidir. Meyveler saplı olarak dalından koparılabilir ve ortalama 200-250 gram ağırlığındadır. Orta erkenci bir çeşit olup (80-85 gün), sofralık tüketim için uygundur. Tohumlar yetiştirme alanı olan iklim odasında; % 70

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperiyodunda, 22±2 ºC sıcaklık olacak şekilde ayarlanan kontrollü koşullar altında yetiştirilmiştir.

Fidelerin yetiştirilmesi için ağız çapı 60 mm, derinliği 65 mm olan plastik viyoller tercih edilmiştir. Fide yetiştirme ortamı olarak ise 3:1 oranında torf ve pomza karışımı kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak, her bir uygulama 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde planlanmıştır. Tohumların aynı derinliğe ekilmesine özen gösterilerek, viyollere torf ve pomza karışımı doldurulmuştur. Her bölmeye birer tohum yerleştirilerek, tohumların üzeri 0.5 - 1 cm kalınlığında harç karışımı ile kapatılmıştır. Tohumlar çimlenene kadar sulama, saf su ile yapılmıştır. İkinci aşamada ise fideler, dikim olgunluğuna ulaşana kadar belirli aralıklarla, Çizelge 1'de belirtilen besin solüsyonları ile sulanmıştır. Kullanılan silisyum kaynağının özellikleri ise;

Nanokar firmasından temin edilen Silisyum dioksit ya da silika, silisyum ve oksijen içeren bir kimyasal bileşiktir. Firmanın kataloğundan ve yetkililerden alınan bilgilere göre, Silisyum Dioksit 200 m^2/g spesifik yüzeye sahip hidrofilik bir dumanlı silika özelliği taşımaktadır. Kimyasal formülü SiO_2 olan bu bileşik, 16. yüzyıldan beri bilinmektedir. Yapısında 2 oksijen ve 1 silisyum atomu bulunur. 22 nm tanecik boyutuna, %99,95 saflık oranına sahiptir ve suda kolaylıkla çözünmektedir (Savant ve ark., 1996).

Üçüncü aşamada ise dikim olgunluğuna gelen domates fidelerinde fide gelişimi ve fide kalite parametrelerini belirlemek amacıyla kök ağırlıkları(g), gövde çapı(mm), gövde boyu(cm), gövde ağırlığı(g), yaprak sayısı(adet), yaprak ağırlığı(g), boğum arası mesafe(cm) ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

Bitki kök, gövde ve yaprak ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Gövde çap kumpasla, gövde boyu ve boğım arası mesafeleri belirlemede cetvel kullanılmıştır. Yaprak sayısı adet olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler, Statgraphics adlı istatistik analiz yazılımında varyans analizi ile incelenmiştir. İstatistiksel açıdan anlamlı bulunan deneme konuları, %5 anlam düzeyinde Duncan yöntemiyle gruplara ayrılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. Denemede Kullanılan Besin Solüsyonlarının Konsantrasyonları (ppm)

Elementler	**Uyg.1**	**Uyg.2**	**Uyg.3**	**Uyg.4**	**Uyg.5**	**Uyg.6**	**Uyg.7**	**Uyg.8**	**Uyg.9**	**Uyg.10**	**Uyg.11**	**Uyg.12**	**Uyg.13**	**Uyg.14**
Azot	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186
Fosfor	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02	39.02
Potasyum	**146**	**166**	**186**	**206**	**146**	**166**	**186**	**206**	**146**	**166**	**186**	**206**	**146**	**146**
Magnezyum	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Kalsiyum	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Demir	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35	8.35
Mangan	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Bor	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457
Bakır	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
Kükürt	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Silisyum	**100**	**200**	**300**	**400**	**400**	**300**	**200**	**100**	-	-	-	-	**200**	**300**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. BULGULAR

Fideler dikim olgunluğuna geldiklerinde kök boğazlarından makas ile kesildikten sonra ölçümlere başlanmıştır. Fidelerde bitki ağırlığı, kök ağırlıkları, gövde çapı, gövde boyu, gövde ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, boğum arası mesafelerinin ölçümü yapılmıştır. Fidelerin gelişim parametrelerine ait veriler Çizelge 2'de verilmiştir.

Bitki kök ağırlığı, gövde çapı, gövde boyu, gövde ağırlığı, yaprak sayısı ve yaprak ağırlığı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) farklılıklar bulunmuştur.

3.1 Bitki Kök Ağırlığı

Kök ağırlığında en yüksek değer 2. ve 11. uygulamalarda (sırasıyla 1.447 g, 1.317 g) en düşük değer ise 0.644 g ile 4. uygulamada ölçülmüştür. 3., 4., 5., 6., 12., 13. uygulamalar ise 4. Uygulama ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Diğer uygulamalarda ise kök ağırlıkları 0.667 g ile 1.162 g arasında değişmiştir.

3.2 Bitki Gövde Çapı

En yüksek gövde çapı ortalaması 10. ve 14. Uygulamalarda (3.569 mm), en düşük gövde çapı ortalaması ise ile 4. uygulama (3.296 mm) ve bunu aynı istatistiki gruba giren 9. ve 7. uygulamalarda (3.356 mm, 3.367 mm) ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda ise gövde çapı ortalamaları 3.367 mm ile 3.540 mm arasında değişmiştir.

3.3 Bitki Gövde Boyu

Uygulamalar arasında ortalama gövde boyu bakımından en yüksek gövde boyu 2. Uygulamada (12.288 cm) ölçülürken, en düşük gövde boyu ise ortalamanın çok altında bir değer ile 9. Uygulamada (10.765 cm) ölçülüştür.

3.4 Bitki Gövde Ağırlığı

Gövde ağırlıkları bakımından en yüksek olan 14. ve 10. Uygulamalarda (sırasıyla 1.298 g, 1.254 g), gövde ağırlığında en düşük değerler ise 9. ve 4.Uygulamalarda (sırasıyla 1.015 g, 1.028 g) ölçülmüş olup bu değerler ortalamanın altında kalmıştır.

3.5 Bitki Yaprak Sayısı

Uygulamalar arasında yaprak sayısı en fazla olan uygulama 5. Uygulama (4.088 adet), en az yaprak sayısı ise 9. Uygulama (3.577 adet)'da belirlenmiştir. Diğer uygulamalarda ise yaprak sayısı ortalamaları 3.711 adet ile 3.711 adet arasında değişmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.6 Bitki Yaprak Ağırlığı

Uygulamalar arasında yaprak ağırlığı en yüksek sırasıyla 14. ve 5. Uygulamalar olup (1.944 g, 1.932 g), en düşük değerler ise sırasıyla 9. ve 4. Uygulamalar (1.571 g ve 1.648 g) da belirlenmiştir.

3.7 Bitki Boğum Arası Mesafe

Boğum arası mesafesi en fazla olan 14. Uygulama (1.986 cm), en az olan uygulama ise 6. Uygulama olmuştur (1.300 cm). Diğer uygulamalarda ise boğum arası mesafesi ortalamaları 1.428 cm ile 1.882 cm arasında değişmiştir.

4.TARTIŞMA ve SONUÇ

Sebze yetiştiriciliğinde sağlıklı, kaliteli tohum ve kaliteli fide kullanmak başarılı bir üretimin temel esasını oluşturmaktadır. Yapılan sebze yetiştiriciliğinde; ismine doğru, sağlıklı ve pişkin fidenin temini başarılı bir üretimin temel taşlarından biridir.. Fide yetiştiriciliğinde pişkin fide şu özellikleri taşıması istenmektedir. Fidenin diri, dolgun ve kuru maddece zengin olması, boğum arası mesafenin az olması, uzun boylu olmaması, gövdesinin çapının kalın olması, bazı türlerde kendine özgü mumsu tabaka-tüyler ve rengin oluşmuş olması istenmektedir. Bitki bünyesinde minimum kuralına uygun bulunan besin element miktarlarının, gerekli besin elementlerinden yeterince bulunması istenir. Bütün bu bilgilerden yola çıkarak yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçlarını değerlendirecek olursak; Bitki büyüme ve gelişme parametrelerinden olan bitki kök ağırlığı en yüksek çıkan uygulamaların sırasıyla 2. 11 ve 14. Uygulamalar olduğu görülmektedir. Adı geçen uygulamalardan 11. Uygulama dışındaki iki uygulamanın Silisyumun 200 ppm. 300 ppm uygulandığı bitkiler olduğu dikkati çekmektedir.

Fidelerin gövde çapı incelendiğinde en yüksek değerleri 5.. 10. ve 14. Uygulamanın olduğu bu uygulamalarla aynı istatistiki grupta yer alan 1., 2., 11., 12. Uygulamanın olduğu ve bu uygulamaların silisyum eklenen/potasyumun yüksek uygulandığı uygulamaların olduğu görülmektedir. Bitki gövde ağırlığının en fazla olduğu uygulama 14. (300 ppm Si, 146 ppm K) ve 10. uygulama (Silisyum ilavesiz, 166 ppm K) olduğu belirlenmiştir. N-P-K oranlarının yarayışlılığı yanında diğer besin elementleri miktarlarıda vejetatif gelişmeye etki etmektedir. Çalışmada yarayışlılık sınırları içindeki en yüksek miktar 14.ve 10. Uygulamanın olduğu görülmektedir. Potasyum klorofil, nişasta ve protein oluşumunda, çok sayıda enzim ve koenzimin reaksiyonunda etkin bir role sahiptir (Kantarcı, 2000) Bu uygulamalarda kullanılan silisyum ve potasyum asimilatların birikimine ve gövdede oluşan selülozik yapı ile bitkinin dik durmasına ve gövdenin kalınlaşmasına sebep olmuştur. Bitki yapraklarının ağır olması, yaprak yapısının kalın ve dolgun olmasıyla orantılıdır. Bitki boyu uzun olmayan fakat yaprak sayısının ve ağırlığının diğer uygulamalara kıyasla fazla olan uygulama 12. uygulama (Silisyum ilavesiz, 206 ppm K) dır. Sitokinin hormonu oksin hormonunu baskılayarak bitki boyunun uzamasını engellenmekte, yapraklar büyüyerek ve gövdelerinde kalınlaşma gerçekleşmekte Taiz ve Zeiger (2008) olduğu bilgisine dayanarak potasyumun yüksek dozunun oksin hormonunu baskılamasıyla bitkinin boyunun uzamasını engellediğini düşünebiliriz.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 2. Uygulamaların Fide Büyüme ve Gelişme Parametreleri Üzerine Etkileri

UYGULAMALAR	Kök Ağırlığı	Gövde Çapı	Gövde Boyu	Gövde Ağırlığı	Yaprak Sayısı	Yaprak Ağırlığı	Boğum arası mesafe
1.	0.905±0.267 F	3.519±0.307 AB	12.095±1.651 AB	1.164±0.540 B-E	3.733±0.495 BC	1.809±0.417 A-C	1.577±0.733 B-E
2.	1.447±0.559 A	3.540±0.219 AB	12.288±2.144 A	1.143±0.211 C-F	3.933±0.579 AB	1.912±0.290 AB	1.882±0.805 AB
3.	0.778±0.200 G	3.452±0.271 A-C	11.926±1.383 A-C	1.156±0.165 B-E	3.911±0.468 AB	1.819±0.264 A-C	1.704±0.651 A-D
4.	0.644±0.089 G	3.2960.2521 D	11.384±1.591 B-E	1.028±0.186 G	3.888±0.382 AB	1.648±0.199 D	1.428±0.769 DE
5.	0.661±0.141 G	3.549±0.237 A	12.195±1.667 A	1.198±0.217 BC	4.088±0.416 A	1.932±0.266 AB	1.511±0.722 C-E
6.	0.706±0.168 G	3.461±0.360 A-C	11.031±1.202 DE	1.067±0.211 E-G	3.866±0.457 AB	1.762±0.422 CD	1.3±0.602 E
7.	0.926±0.284 EF	3.367±0.279 CD	11.104±1.830 DE	1.031±0.203 G	3.933±0.539 AB	1.762±0.256 CD	1.44±0.656 DE
8.	1.162±0.339 CD	3.412±0.262 B-D	11.293±1.522 C-E	1.050±0.208 FG	3.866±0.587 AB	1.790±0.329 BC	1.431±0.755 DE
9.	1.131±0,363 CD	3.356±0.230 CD	10.765±1.650 E	1.015±0.192 G	3.577±0.543 C	1.751±0.188 CD	1.564±0.671 B-E
10.	1.044±0.411 DE	3.569±0.304 A	12.269±1.773 A	1.254±0.218 AB	3.755±0.645 BC	1.855±0.357 A-C	1.835±0.095 A-C
11.	1.317±0.353 B	3.534±0.299 AB	11.291±1.787 C-E	1.083±0.238 D-G	3.866±0.587 AB	1.892±0.285 A-C	1.482±0.529 DE
12.	0.732±0.190 G	3.533±0.192 AB	11.937±1.720 A-C	1.169±0.208 B-D	3.822±0.441 B	1.921±0.230 AB	1.606±0.684 B-E
13.	0.714±0.201 G	3.482±0.245 A-C	11.782±1.300 A-D	1.208±0.178 A-C	3.711±0.626 BC	1.819±0.292 A-C	1.553±0.554 B-E
14.	1.199±0.294 BC	3.568±0.275 A	12.282±1.681 A	1.298±0.255 A	3.866±0.504 AB	1.944±0.186 A	1.986±0.663 A
Ortalama	0.952±0.394	3.474±0.280	11.689±1.712	1.133±0.227	3.844±0.533	1.830±0.302	1.593±0.736
P Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0000	0.0001

*Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

Son yıllarda, silisyum elementinin biyotik ve abiyotik stres üzerindeki etkileri ile stresin azaltılmasında kullanımına yönelik araştırmalar hızla artmaktadır. Ancak, dünya literatüründe silisyum ve silisyum+potasyumun farklı dozlarının fide gelişimi-kalitesi üzerine etkilerine yönelik araştırma sonuçlarını içeren bir çalışmaya rastlanılmamış olması bilimsel kaynaklar bakımından önemli bir eksikliktir. Bu nedenle farklı dozlarda potasyum (K) ve silisyum (Si) elementi uygulamalarının domates fidesi gelişimi ve kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre silisyum uygun dozda uygulandığında fide gelişmesi ve kalitesi üzerine olumlu yönde etkilediği yöndedir. Tarımsal üretimde büyük öneme sahip ve özgün nitelikler taşıyan bu konunun, diğer sebze türleri üzerinde de incelenmesi tavsiye edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-9474 nolu proje kapsamında gerçekleşmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Demir, İ., Balkaya, A., Yılmaz, K., Onus, A.N., Uyanık, M., Kaycıoğlu, M., Bozkurt, B. Sebzelerde tohumluk ve fide üretimi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 11, 15, 2010.

Hasegawa, P. M. Bressan, R. A., Zhu, J. K., Bohnert, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology, 51(1): 463-499, 2000.

Kacar, B. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi'nin 50. Kuruluş Yılı Etkinlikleri, Çalıştay, 3-4 Ekim, Eskişehir, s: 20-31, 2005.

Kantarcı, M.D. Toprak İlmi. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s. (2000).

Ma, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil science and plant nutrition, 50(1), 11-18, 2004.

Savant, N. K., Snyder, G. H., Datnoff, L. E. Silicon management and sustainable rice production. Advances in agronomy, 58, 151-199, 1996.

Sistani, N. K., Savant, Reddy, K. C. Effect of rice hull ash silicon on rice seedling growth. Journal of Plant Nutrition, 20(1), 195-201, 1997.

Taiz L., Zeiger, E. Bitki fizyolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara. 690. 2008

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TUZ STRESİ ALTINDAKİ ACI VE ÇARLİSTON BİBER ÇEŞİTLERİNİN YAPRAKLARINDAKİ MAKRO ELEMENT BİRİKİMLERİ

Prof. Dr. Fikret YAŞAR
Van Yüzüncü Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Van, Türkiye,
fyasar@yyu.edu.tr, ORCID ID:0000-0001-6598-8580
Yük. Zir. Müh. Merve Gül ARSLAN
Van Yüzüncü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye,
arslan6530merve@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3808-8680
Doç. Dr. Özlem ÜZAL
Van Yüzüncü Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Van, Türkiye
ozlemuzal@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1538-820X

ÖZET

Bu çalışma, tuz stresi altında çarliston ve acı biber fidelerinin farklı gelişme dönemlerinde alınan genç, orta ve yaşlı yapraklarında makro element birikimlerini belirlemeyi amaçlamıştır.. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bitki Fizyoloji Laboratuvarında split klimalı iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Bursa Tohumculuk Yalova Çarliston 341 tohumu ve Bursa Tohumculuk BT İnce Kıl Acı 016 tohumu kullanılmıştır. Tohumların çimlenderilmesi için 3:1 oranda torf ve pomza karışımı hazırlanmıştır. Plastik çimlendirme kaplarına bu karışım doldurulup biber tohumları ekilmiştir ve çeşme suyu ile sulanmıştır. Plastik kapları, 25^{o}C sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiştir, Torf-pomza karışımı ortamında 2. gerçek yaprakları da oluşan biber fideleri, plastik küvetlerde su kültürüne alınmıştır. Her fide için üzerinde delikler olan plastik tablalara biber fideleri sünger parçaları yardımıyla sarılıp bitki kökleri suya değecek şekilde tablalar küvetlerin içine konulmuştur. Yaklaşık üç hafta sonunda tuz uygulanacak fideler için Hoagland besin çözeltisine 50 mM tuz konsantrasyonunu sağlayacak NaCl ilave edilmiştir. Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasının 5. 10. ve 15. gününde yapılmıştır. Alınan örneklerde, genç, orta ve yaşlı yapraklarda Na, K, Ca, Mg, birikimlerine bakılmıştır. Çalışma sonunda. İyon birikimlerinde tuz uygulanan fidelerin Na miktarının artışıyla beraber Ca, K, Mg iyon alımında düşüş olduğu görülmüştür. Tuz stresine maruz bırakılan bitkiler, iyonlarını genellikle yaşlı yapraklarda biriktirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Acı biber; Çarliston biber; İyon hareketleri; Tuz stresi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Tuz stresinin oluşturduğu problemlere bakıldığı zaman bitkilerde iyon stresine bağlı olarak büyüme ve gelişmede etkiler olduğu görülmektedir. Bu etkiler osmotik basıncın artmasıyla birlikte bitkinin su alınımında sorun oluşur ve bitki beslenmede zorluk çeker. Tuzlulukla beraber sodyum ve klor elementleri yüksek oranlara çıktığı için bitki besin elementleri hücreye alınmakta güçlük çeker ve metabolizma etkilenir. Tüm bu dengesizliklerden kaynaklı hücrenin içindeki sıvının mineral yapısı ve kalsiyum dengesi bozulur (Yaşar, 2003). Bitkileri Na iyonunun zararlarından korumak amacıyla tuzdan sakınım mekanizması gibi farklı mekanizmalar oluşturulur. Toksik etkiye sahip olan Na iyonu büyük oranda yaşlı yapraklarda biriktirilip, genç yaprağa iletilememektedir. K iyonu ise Na iyonunun tam tersi olarak yaşlı yaprak yerine genç yapraklarda biriktirilmektedir. Tuz stresi altındaki bitkiler köklerden aldığı iyonu, gelişim ucuna doğru iletmede seçici değilse yâ da orantılı iletmiyorsa bitki gelişimindeki azalış o derece fazladır. Potasyum birikimi sodyumun yüksek olduğu organlarda düşük, düşük olduğu organlarda yüksek çıkmaktadır. Ayrıca, bu bitkilerin genç yapraklarında, yaşlı yapraklara göre daha yüksek K bulunup; yaşlı yapraklardaki potasyumun genç yapraklara floem yoluyla taşınması sonucunda bu dengenin sağlandığını rapor edilmiştir Yaşar ve ark, 2006). Tuz stresindeki bitkilerde iyon dengesinin kurulması, canlılığın devam etmesi için önemlidir (Borsani ve ark., 2003). İyon toksisitesi, Na, Cl ve diğer elementlerin yüksek oranlarda alınmasıyla alakalıdır ve bundan dolayı iyon dengesizliğine sebebiyet vermektedir. İyon toksisitesinin meydana gelmesi, ozmotik basıncın artması veya suyun bitki bünyesine alımının düşmesi gibi sebeplerden kaynaklı tuz, bitkide zararlı etkiler oluşturabilmektedir (Yaşar, 2003; Yaşar ve ark., 2006; Yaşar, 2007a; Yaşar ve ark., 2007b; Yaşar ve ark., 2007c; Mugdal ve ark., 2010). Tuzluluğun artmasıyla genellikle bitkilerde, Na^{+} , Cl^{-} , Mn^{+2} , Cu^{+2} ve Fe^{+2} iyonlarının oranlarında artış, Ca^{+2}, K^{+} , Mg^{2+} iyonlarının alımında ise azalış olduğu görülmektedir (Erdal ve ark., 2000; Kuşvuran ve ark., 2008). Bitkide yüksek oranda Na^{+} ve Na^{+} /K^{+} oranı birçok enzimatik olayı da engelleyebilmektedir. Yüksek Na^{+} oranı protein sentezinde birçok duraksamalara yol açabilmektedir (Parvaiz ve Satyawati, 2008). Bohra ve Doffling (1993) tuz stresinin iyon bozukluklarına neden olduğunu bildirmiştir. Beslenme yetersizliğinden dolayı bitkilerin kök bölgesinde aşırı sodyum olmasıyla diğer besin elementleri rekabet haline girer. Sodyumun artmasıyla potasyum alımı azalır, bu nedenle yetiştirilen bitkilerde potasyum noksanlığı görülür. Yüksek tuz oranı, Ca^{+2}iyonunun taşınmasını ve alımını azaltır. Bu nedenle bitkilerde Ca^{+2} eksikliği de görülür. Ca^{2+}'un membran yapısının bozuk olduğu durumlarda, koruyucu bir etkisi olduğunu bildirmiştir. İyon seçiciliği, tuz stresi altındaki bitkilerde membran bütünlüğünü koruma kapasitesi ve iç ortamın korunması için esastır (Cramer, 1986). Tuzluluk kaynaklı Ca^{+2} eksikliğinde, bitkilerin iyon alımı ve ozmoregülasyonudengesizdir, dolayısıyla iyon toksisitesi, ozmotik stres ve beslenme bozukluğu meydana gelir (Marschner, 1986). Bitkiler, Na^{+} ve Cl iyonlarını köklerden, gövde ve yapraklara taşınımını kısıtlayıp tuza tolerans gösterebilirler. Örneğin arpa, köklerindeki kısıtlama sayesinde pasif alım ile bünyeye giren Na^{+} ve Cl iyonlarını yeşil aksama iletememekte ve tuza 7 yüksek tolerans gösterebilmektedir (Poljakoff ve Mayber, 1975). Tuza iyi tolerans gösteren türlerde Na^{+} ve Cl iyonlarının yeşil aksamın çeşitli organlarında ve dokularındaki dağılımı önemlidir. Tuza tolerant olan bitkilerin en bilinen özelliği, Na^{+} ve Cl iyonlarının daha çok yaşlı yapraklarda tutulması ve genç yapraklara iletilmemesidir. Bitkilerin Na^{+} ve Cl iyonlarını kendilerinden uzak tutmaları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sayesinde tuz toleransı sağlayabildikleri bilinmektedir (Wolf ve ark., 1991). Bu çalışma, çarliston ve acı biber fidesinin genç, orta ve yaşlı yapraklarının gelişme dönemlerinde, tuz stresi altında farklı dönemlerde makro besin elementlerinin ne düzeyde, ne şekilde alındığını, bu besin elementlerin birbirleri üzerindeki etkilerini ve dağılımlarını belirlemek üzere yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. Deneme inkübatör ve normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında, su kültüründe yürütülmüştür. Çalışmada Bursa Tohumculuk Yalova Çarliston 341 tohumu ve Bursa Tohumculuk BT İnce Kıl Acı 016 tohumu kullanılmıştır.

Tohumların çimlenderilmesi için Plastik çimlendirme kaplarına 3:1 oranda torf ve pomza karışımı doldurulup biber tohumları ekilmiş ve çeşme suyu ile sulanmıştır. Plastik kapları, 25 ^{o} C sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiştir, üzerleri kartonla örtülüp ıslatılan karışım kurumayacak şekilde su gereksinimine göre çeşme suyu ile sulanmıştır.

Çimlenen ve 2. gerçek yaprakları da oluşan biber fideleri, plastik küvetlerde su kültürüne alınmıştır. Bunun için Hoagland besin çözeltisi hazırlanmıştır.

1 lt Hoagland besin çözeltisi için hazırlanan stoklar: $Ca(NO_3)_2.4H_2O$: 236.15 gr $C_6H_5FeO_7.4H_2O$:10 gr KNO_3 :101.11 gr $MnCl_2$: 0.36 gr KH_2PO_4 :68.045 gr H_3BO_3 : 0.58 gr $MgSO_4$:123.24 gr $ZnCl_2$: 0.024 gr $CuCl_2.2H_2O$: 0.010 gr

Hoagland çözeltisinin hazırlanmasında çözeltinin pH'sı 5.80-5.85 arası ayarlanmıştır. Her fide için üzerinde delikler olan plastik tablalara biber fideleri sünger parçaları yardımıyla sarılıp bitki kökleri suya değecek şekilde tablalar küvetlerin içine konulmuştur. Akvaryum pompasına bağlı bulunan ince plastik hortumların besin çözeltisi içerisine daldırılması yoluyla havalandırma sağlanmıştır. Yaklaşık üç hafta sonunda tuz uygulanacak fideler için Hoagland besin çözeltisine 50 mM tuz konsantrasyonunu sağlayacak NaCl ilave edilmiştir. Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasının 5. 10. ve 15. gününde yapılmıştır.

Çalışmanın 5. 10. ve 15. günün sonunda her bir bitkinin yaşlı, orta ve genç yaprağından 0.5 gr yaş yaprak tartılıp plastik kutulara konulmuştur ve üzerine 10 ml 0,1 N HNO3 (Nitrik asit) ilave edilip kutuların kapağı kapatılmıştır. Bir hafta boyunca dolapta bekletilen örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıya bırakılıp bir gün boyunca çalkalanmıştır. 24 saat çalkalayıcıda kalan örnekler mineral element analizi için süzme aşamasından geçirilmiştir. Na, K, Ca, Mg içerikleri, Kacar (1994) 'e göre Atomik Absorbsiyon cihazında okunmuştur. Bu ölçümler sonunda, çarliston biber ve acı biberin 5. 10. ve 15. günde yaşlı, orta ve genç yapraklarındaki makro element miktarları belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde veriler JMP analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları %5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. BULGULAR

Çizelge 1 ’de çarliston ve acı bibere uygulanan tuz uygulamasından sonra 5.- 10.-15. günde alınan örneklerin genç, orta ve yaşlı yapraklarındaki Na miktarları verilmiştir.

Çarliston biberde; kontrol bitkilerinde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermiş olup, her yaprakta stresin 15. gününe kadar Na miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç- orta- yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, genç- yaşlı yaprağın 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, genç- orta yaprağın 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Ve Acı Biber Çeşitlerinin Genç, Orta Ve Yaşlı Yapraklarındaki Na (µ g/mg T.A.) Miktarları

Yaprak Yaşı	Dönem	Çarliston		Acı	
		Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
	5	0.866 J	1.309 I	0.893 K	1.127 J
Genç	10	1.943 H	2.714 F	2.207 H	4.549 E
	15	3.076 D	6.044 B	2.889 G	5.824 B
	5	0.854 J	1.362 I	0.850 K	1.199 J
Orta	10	2.095 G	2.863 E	2.151 H	4.717 D
	15	3.101 D	6.131 B	3.144 F	5.989 A
	5	0.853 J	1.420 I	0.770 K	1.208 J
Yaşlı	10	1.864 H	2.912 E	1.874 I	5.036 C
	15	3.257 C	6.303 A	3.173 F	6.089 A

Her bir çeşidin her iki uygulaması ve her üç organı birlikte karşılaştırılarak, aralarındaki fark $p< 0.05$ göre büyük harfle gösterilmiştir.

Tuz uygulanan bitkilerde genç, orta ve yaşlı yapraklarda kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermiş olup, her yaprakta stresin 15. gününe kadar Na miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç- orta- yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, genç- orta yaprakların 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta- yaşlı yaprakların 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında bütün zaman ve yapraklarda kontrol ve tuz uygulamalarında farklılıklar vardır ve tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla Na miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Na miktarı, yaşlı yaprağın 15. gününde, en düşük oran genç yaprağın 5. gününde ölçülmüştür (Çizelge 1). Acı biberde; kontrol bitkilerinde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermiş olup, her yaprakta stresin 15. gününe kadar Na miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç- orta- yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, genç- orta yaprağın 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta- yaşlı yaprağın 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Tuz uygulanan bitkilerde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermiş olup, her yaprakta stresin 15. gününe kadar Na miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç- orta- yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta- yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta- yaşlı yaprakların 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında bütün zaman ve yapraklarda kontrol ve

tuz uygulamalarında farklılık vardır ve tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla Na miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Na miktarı, yaşlı yaprağın 15. gününde, en düşük oran genç yaprağın 5. gününde ölçülmüştür (Çizelge 1). Çizelge 2 'de çarliston ve acı bibere uygulanan tuz uygulamasından sonra 5.- 10.-15. günde alınan örneklerin genç, orta ve yaşlı yapraklarındaki K miktarları verilmiştir.

Çarliston biberde; kontrol bitkilerinde genç ve orta yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, yaşlı yaprakların 5. ve 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir. Genç ve yaşlı yapraklarda stresin ilk 10 gününde azalma görülürken sonrasında artış görülmüştür. Orta yapraklarda stresin 15. gününe kadar azalma görülmüştür. Genç ve yaşlı yaprakların 5. günlerinde, yaşlı yaprakların 15. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç yaprağın 10. gününde, orta yaprağın 15 gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç yaprağın 15. gününde, orta ve yaşlı yaprağın 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığındadır. Tuz uygulanan bitkilerde genç yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, orta yaprakların 10. ve 15. günlerinde, yaşlı yaprakların 5. ve 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir. Genç ve yaşlı yapraklarda stresin ilk 10 gününde azalma görülürken sonrasında artış görülmüştür. Orta yapraklarda stresin 15. gününe kadar azalma görülmüştür. Genç ve orta yaprakların 10. günlerinde, orta yaprağın 15. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç ve yaşlı yaprakların 15. günlerinde, orta ve yaşlı yaprağın 5. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç yaprağın 5. gününde ve yaşlı yaprağın 10. gününde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının genç yaprağının 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, yaşlı yaprağının 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup diğer zaman ve yapraklarda farklılık göstermiştir. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine göre K oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek K miktarı, yaşlı yaprağın 5. gününde, en düşük oran genç yaprağın 10. gününde ölçülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Ve Acı Biber Çeşitlerinin Genç, Orta Ve Yaşlı Yapraklarındaki K (µ g/mg T.A.) Miktarları

Yaprak Yaşı	Dönem	Çarliston		Acı	
		Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
	5	4.597 A	3.559 F-H	3.182 F G	3.134 F-H
Genç	10	3.424 H	3.039 I	4.088 C	3.298 E F
	15	3.847 D E	4.016 B-D	7.815 A	2.132 I J
	5	4.187 B	3.859 C-E	3.261 E-G	3.029 G H
Orta	10	3.789 D-F	3.129 I	3.516 D E	3.280 E-G
	15	3.484 G H	3.118 I	6.804 B	1.839 K
	5	4.528 A	4.114 B C	3.267 E-G	2.872 H
Yaşlı	10	3.698 E-G	3.480 G H	3.586 D	3.357 D-F
	15	4.521 A	3.917 C-E	2.358 I	2.079 J K

Her bir çeşidin her iki uygulaması ve her üç organı birlikte karşılaştırılarak, aralarındaki fark $p< 0.05$ göre büyük harfle gösterilmiştir.

Acı biberde; kontrol bitkilerinde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genç ve orta yapraklarda stresin 15. gününe kadar artma görülüp, yaşlı yapraklarda stresin ilk 10 gününde artış görülürken sonrasında azalma görülmüştür. Genç, orta ve yaşlı yaprağın 5. günlerinde, orta ve yaşlı yaprağın 10. günlerinde

aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Tuz uygulanan bitkilerde yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, genç yaprakların 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta yaprakların 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir. Genç, orta, yaşlı yapraklarda stresin 15. günlerinde azalma görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının genç ve orta yaprağının 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta ve yaşlı yaprağının 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığındadır ve diğer zaman ve yapraklarda farklılıklar vardır. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla K miktarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek K miktarı, yaşlı yaprağın 10. gününde, en düşük oran orta yaprağın 15. gününde ölçülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 3'de çarliston ve acı bibere uygulanan tuz uygulamasından sonra 5.- 10.-15. günde alınan örneklerin genç, orta ve yaşlı yapraklarındaki Ca miktarları verilmiştir.

Çizelge 3. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Ve Acı Biber Çeşitlerinin Genç, Orta Ve Yaşlı Yapraklarındaki Ca (µ g/mg T.A.) Miktarları

Yaprak Yaşı	Dönem	Çarliston		Acı	
		Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
	5	5.875 H I	4.885 J	6.635 J K	5.866 L
Genç	10	6.351 F G	6.239 F-H	10.209 B	9.523 D E
	15	8.941 B	8.068 C	14.552 A	8.069 H I
	5	6.136 G H	5.729 I	6.189 K L	6.049 L
Orta	10	6.952 D E	6.294 F G	8.413 G H	7.997 H I
	15	9.007 B	7.089 D	10.252 B	7.498 I
	5	6.571 E F	6.352 F G	6.785 J	6.421 J-L
Yaşlı	10	7.058 D	6.578 E F	9.130 E F	7.954 H I
	15	9.970 A	9.304 B	9.800 C D	8.843 F G

Her bir çeşidin her iki uygulaması ve her üç organı birlikte karşılaştırılarak, aralarındaki fark $p< 0.05$ göre büyük harfle gösterilmiştir.

Çarliston biberde; kontrol bitkilerinde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermiş olup, her yaprakta stresin 15. gününe kadar Ca miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç ve yaşlı yaprakların 5. ve 10. günlerinde, yaşlı yaprakların 5. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç yaprağın 15. gününde, orta yaprağın 15 gününde aynı istatistiki grup aralığındadır. Tuz uygulanan bitkilerde genç ve orta yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, yaşlı yaprakların 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir ve diğer yaprak ve günlerde 15. güne kadar Ca miktarında artış olduğu görülmektedir. Genç, orta ve yaşlı yaprakların 10. günlerinde, yaşlı yaprağın 5. gününde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının genç yaprağının 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, yaşlı yaprağının 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup diğer zaman ve yapraklarda farklılık göstermiştir. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine göre Ca oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Ca miktarı, yaşlı yaprağın 15. gününde, en düşük oran genç yaprağın 5. gününde ölçülmüştür (Çizelge 3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Acı biberde; kontrol bitkilerinde genç, orta ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bütün yapraklarda stresin 15. gününe kadar artış görülmüştür. Genç, orta ve yaşlı yaprağın 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Tuz uygulanan bitkilerde genç ve yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, orta yaprakların 10. ve 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir. Genç ve orta yapraklarda stresin 10. gününe kadar artış sonrasında düşüş olduğu, yaşlı yapraklarda 15. güne kadar artış olduğu görülmektedir. Genç, orta ve yaşlı yaprakların 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta ve yaşlı yaprakların 10. günlerinde, genç yaprağın 15. gününde, orta yaprağın 15. gününde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının orta yaprağının 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, orta yaprağının 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında, yaşlı yaprağının 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığındadır ve diğer zaman ve yapraklarda farklılıklar vardır. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla Ca miktarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Ca miktarı, genç yaprağın 10. gününde, en düşük oran genç yaprağın 5. gününde ölçülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 4'de çarliston ve acı bibere uygulanan tuz uygulamasından sonra 5.- 10.-15. günde alınan örneklerin genç, orta ve yaşlı yapraklarındaki Mg miktarları verilmiştir.

Çizelge 4. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Ve Acı Biber Çeşitlerinin Genç, Orta Ve Yaşlı Yapraklarındaki Mg (µ g/mg T.A) Miktarları

Yaprak Yaşı	Dönem	Çarliston		Acı	
		Kontrol	Tuz	Kontrol	Tuz
	5	0.548 E F	0.509 F-H	0.510 E-G	0.483 F G
Genç	10	0.557 E F	0.455 H	0.856 C	0.668 D
	15	0.782 A B	0.703 C D	0.898 B	0.516 D-G
	5	0.501 F-H	0.484 G H	0.499 E-G	0.479 F G
Orta	10	0.549 E F	0.470 H	0.627 D-F	0.640 D E
	15	0.837 A	0.747 B C	0.911 A	0.480 F G
	5	0.645 D	0.576 E	0.515 D-G	0.449 G
Yaşlı	10	0.544 E-G	0.460 H	0.589 D-G	0.548 D-G
	15	0.819 A	0.732 B C	0.610 D-F	0.506 E-G

Her bir çeşidin her iki uygulaması ve her üç organı birlikte karşılaştırılarak, aralarındaki fark $p< 0.05$ göre büyük harfle gösterilmiştir.

Çarliston biberde; kontrol bitkilerinde yaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, genç ve orta yaprakların 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup, 15. günlerde artış görülmektedir ve yaşlı yapraklarda ilk 10 günde Mg miktarında azalış, 15. günde artış olmuştur. Genç ve orta yaprakların 5. ve 10. günlerinde, yaşlı yaprakların 10. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç ve orta yaprağın 15. günlerinde, yaşlı yaprağın 15 gününde aynı istatistiki grup aralığındadır. Tuz uygulanan bitkilerdeyaşlı yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık göstererek, genç ve orta yaprakların 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup, 15. günlerde artış görülmektedir ve yaşlı yapraklarda ilk 10 günde Mg miktarında azalış, 15. günde artış olduğu görülmektedir. Genç ve orta yaprakların 5. ve 10. günlerinde, yaşlı yaprakların 10. gününde aynı istatistiki grup aralığında, genç ve orta

yaprağın 15. günlerinde, yaşlı yaprağın 15 gününde aynı istatistiki grup aralığındadır. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının genç ve orta yaprağının 5. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup diğer zaman ve yapraklarda farklılık göstermiştir. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine göre Mg oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Mg miktarı, orta yaprağın 15. gününde, en düşük oran genç yaprağın 10. gününde ölçülmüştür (Çizelge 4).

Acı biberde; kontrol bitkilerinde genç yapraklar kendi aralarında zamana bağlı olarak farklılık gösterip, stresin 15. gününe kadar artış durumundadır. Orta yaprağın 5. ve 10. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olup 15. günde artmıştır, yaşlı yaprakta ise bütün dönemlerde de aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Genç, orta ve yaşlı yaprağın 5. günlerinde, orta ve yaşlı yaprağın 10. günlerinde, yaşlı yaprağın 15. gününde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmüştür. Tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında zamana bağlı olarak farklılık oluşmamıştır. Genç, orta ve yaşlı yaprakların her döneminde bitkiler aynı istatistiki grup aralığında çıkmıştır. Uygulamalar arası kıyaslama yapıldığında kontrol ve tuz uygulamalarının genç, orta ve yaşlı yaprağının 5. günlerinde, orta ve yaşlı yaprağın 10. günlerinde, yaşlı yaprağın 15. günlerinde aynı istatistiki grup aralığında olduğu görülmektedir. Tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla Mg miktarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tuz uygulanan bitkilerde en yüksek Mg miktarı, genç yaprağın 10. gününde, en düşük oran yaşlı yaprağın 5. gününde ölçülmüştür (Çizelge 4).

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmamızın sonunda iyon hareketlerine bakıldığında, Na miktarı; hem çarliston biber çeşidinde hem de acı biber çeşidinde, kontrol bitkilerine oranla tuz uygulanan bitkilerde daha fazla çıkmıştır. K miktarında; yalnızca çarliston biber çeşidinin genç yaprağının 15. gününde tuz uygulanan bitkilerde kontrole göre az miktarda artma görülmüştür. Diğer tüm dönem ve yapraklarda her iki çeşitte de tuz uygulanan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla K miktarında azalma görülmüştür. Ca miktarında; her iki çeşitinde her döneminde, genç- orta- yaşlı yapraklarında tuz uygulanan bitkilerde kontrole oranla azalma meydana gelmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da tuz stresi altındaki bitkilerin yaprak ve köklerinde Na miktarı artarken, Ca ve K miktarları azalmaktadır (Ghoulam ve ark., 2002; Essa, 2002; Yakıt ve Tuna, 2006). Bunun yanı sıra bitki yapraklarında Na^+ ilerleyişine engel olan ve fazla miktarda K^+, Ca^{+2} ileten genotiplerin tuzun verdiği zararlara karşı daha dayanıklılık gösterdiği Yaşar ve ark. (2006; 2007c) yaptığı çalışmalarda ortaya konmuştur. Mg miktarında; sadece acı biber çeşidinin orta yaprağının 10. gününde tuz uygulanan bitkilerde kontrole göre artış olduğu görülmüştür. Diğer tüm dönem ve yapraklarda her iki çeşitte de tuz uygulanan bitkilerde kontrole oranla Mg miktarında azalma olduğu görülmüştür.

Yaptığımız çalışmada her iki çeşitte, tuz uygulanan bitkilerde hangi yaprakta daha fazla ve hangi yaprakta daha az iyon biriktirdiğine bakılacak olursa; her iki çeşitte de en yüksek Na birikiminin; yaşlı yapraklarda olduğu, en az Na birikiminin; genç yapraklarda olduğu görülmektedir. En yüksek K birikiminin her iki çeşittede; yaşlı yapraklarda, en az K birikimi çarliston biber çeşitinde; genç yaprakta, acı biber çeşitinde; orta yapraktadır. En yüksek Ca

birikiminin çarliston biber çeşitinde; yaşlı yapraklarda, acı biber çeşitinde; genç yaprakta, en az Ca birikiminin her iki çeşitte de genç yapraklarda olduğu görülmektedir. En yüksek Mg birikiminin çarliston biber çeşitinde; orta yapraklarda, acı biber çeşitinde; genç yaprakta, en az Mg birikiminin çarliston biber çeşitinde; genç yapraklarda, acı biber çeşitinde; yaşlı yaprakta olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak tuz stresinin, bitkilerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal alanlarda birçok farklılığa sebebiyet verdiğini görmekteyiz. Yaptığımız çalışmada bitkileri tuz stresine maruz bırakarak, tuz stresinin bitkinin büyüme ve gelişmesini ve dolayısıyla verim ve kalitesinin düşmesine sebep olan iyon dengesizliği meydana geldiği görülmektedir. Na miktarının artmasıyla Ca, K, Mg iyon alımında düşüş görülürken, bitkilerin tuz stresindeyken iyonları daha fazla yaşlı yapraklarda biriktiği görülmektedir.

Bu çalışmalara bakılarak bitkilerin farklı gelişme zamanlarında tolerans stratejilerinin de farklılık gösterebildiği ve bu stratejilerin kıyaslanmasıyla mekanizmaların belirlenmesi önemli bir yer alır. Böylelikle tuz stresine karşı tolerans gösteren bitki türleri belirlenir, yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve tuza dayanıklı gen çeşitleri korunabilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2020-8894 nolu proje kapsamında gerçekleşmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Bohra, J., Döffling, K. Plant and Soil, 152, 299. 1993.

Borsani, O., Valpuesta V., Botella, M. Devoloping salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 73: 101-115. 2003.

Cramer, G., Lauchli, A., Epstein, E. Effects of NaCl and $CaCl^2$ on ion activities in complex nutrient solution sand root growth of cotton. Plant Physiology, 81(3): 792-797, 1986.

Erdal, D., Türkmen Ö., Yıldız, M. Tuz stresi altında yetiştirilen hıyar (*Cucumis sativus L.*) fidelerinin gelişimi ve kimi besin maddeleri içeriğindeki değişimler üzerine potasyumlu gübrelemenin etkisi. Yüzüncü Yıl Ün., Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (1): 25-29, 2000.

Essa, T.A. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max L. Merrill*) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science.,188, 2:86-93, 2002.

Ghoulam, C., Foursy A., Fares, K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany,47, 39-50, 2002.

Kacar, B. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi'nin 50. Kuruluş Yılı Etkinlikleri, Çalıştay, 3-4 Ekim, Eskişehir, s: 20-31, 2005.

Kuşvuran Ş., Yaşar F., Abak, K., Ellialtıoğlu, Ş. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis sp.*' nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler, J. Agric. Sci, 18 (1): 13- 20. 2008.

Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, London. 1986.

Mugdal, V., Madaan N., Mudgal, A. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: a review. International Journal of Botany, 6 (2):136-143, 2010.

Parvaiz, A., Satyawati, S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a Review. Plant Soil Environment, 54 (3): 89-99. 2008

Poljakoff- Mayber, A., Gale J. (Eds), Plant in Saline Environments. Springer- Verlag, s. 213, Berlin. 1975.

Wolf, O., Munns, R., Tonnet, M., Jeschke, W.D. The Role of the Stem in the Partitioning of Na^+ and K^+ in SaltTreated Barley. J. of Exp. Bot., 42, 278-282, 1991.

Yakıt S., Tuna, A.L. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays L.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1), 59-67, 2006.

Yasar F., Üzal Ö., Tüfenkçi Ş., Yıldız,K. Ion Accumulations in Different Organs of Green Bean Genotypes Grown Under Salt Stress. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81 (4), 627-630, 2006.

Yasar, F. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin ın vıtro ve ın vıvo Olarak incelenmesi (doktora tezi, basılmamıs). Y.Y.Ü. Fen Bil. Enst., Van. 2003.

Yasar, F. Effects of salt stres on ion and lipid peroxidation content in green beans genotypes. Asian Journal of Chemistry, 19(2): 1165-1169,2007a.

Yaşar F., Ellialtıoğlu,Ş., Gürbüz Kılıç, Ö., Üzal, Ö. Fasulye Genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Artan Tuz Konsantrasyonu ve Farklı Zamanlardaki Gelişim Performansları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12, 54-58. 2007b.

Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Ozpay T., Üzal, Ö. Karpuz *(Citrillus lanatus)* Genotiplerinde, Tuz Stresinden Kaynaklanan Oksidatif Zararlanmanın Zamana Göre Değişimi ve Skala İle İlişkisinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12, 59-67. 2007c.

ASTER (*ASTER AMELLUS* L.) 'İN MORFOLOJİK, EKOLOJİK VE KULLANIM ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Yük. Zir. Müh. Ömer ÖZTAŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

E-posta: omer_30@hotmail.com.tr (Orcid ID:0000-0001-9034-5675)

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü

E-posta: fyasar@yyu.edu.tr (Orcid ID:0000-0001-6598-8580)

Doç. Dr. Özlem ÜZAL

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü

E-posta: ozlemuzal@yyu.edu.tr (Orcid ID:0000-0002-1538-820X)

ÖZET

Asteraceae familyasına ait olan *Aster amellus*, Avrupa ve Asya'nın ılıman bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Bitkinin kök, gövde, yaprak, çiçek ve tohum yapıları, çevresel adaptasyon ve hayatta kalma stratejilerinde kritik rol oynar. Kök yapısı, su ve besin maddelerini etkin şekilde toplamasını sağlarken, gövde yapısı mekanik streslere karşı dayanıklılığı artırır. Yaprak yapısı, fotosentez kapasitesini optimize eder ve su kaybını önler. Çiçek yapısı, polinatörlerle etkileşimi artırarak biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunur. Tohum yapısı ise, rüzgarla taşınarak geniş alanlara yayılmayı kolaylaştırır. *Aster amellus*'un tıbbi ve farmakolojik uygulamaları, flavonoidler ve diğer biyoaktif bileşiklerin anti-enflamatuar, antioksidan ve anti-kanser özelliklerini vurgular. Peyzaj ve süs bitkilerinin kullanımı, estetik değer katmanın yanı sıra biyolojik çeşitliliği destekler ve doğal yaşam alanlarının korunmasına katkı sağlar. Ekonomik açıdan önemli olan bu bitkiler, ticari değerleriyle yerel kalkınmayı destekler ve istihdam yaratır. Kültürel olarak, geleneksel festivallerde önemli bir rol oynar, toplumun kültürel mirasını canlı tutar. Sürdürülebilir tarım uygulamaları, çevresel etkileri minimize ederken sağlıklı ve verimli üretim sağlar, toprak sağlığını korur ve su kaynaklarının verimli kullanımını teşvik eder. Bu bitkilerin ekonomik, kültürel ve çevresel değerleri, bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Güncel araştırmalar, bitkinin biyokimyasal bileşenleri ve tıbbi potansiyeli üzerine odaklanırken, gelecekteki araştırmalar genetik çeşitlilik ve ekolojik adaptasyonlar üzerine yoğunlaşabilir. Bu derleme, *Aster amellus*'un morfolojik, ekolojik ve kullanım özelliklerini kapsamlı bir şekilde incelemiş ve bitkinin biyolojik, ekonomik ve kültürel önemini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler; Aster, Çiçek, Morfoloji

1.GİRİŞ

Aster (*Aster amellus* L.), *Asteraceae* familyasının önemli üyelerinden biridir ve geniş coğrafi dağılımı, çeşitli ekolojik adaptasyonları ve çok yönlü kullanım potansiyeli ile dikkat çekmektedir. Morfolojik özellikleri bakımından, Aster bitkisi genellikle çok yıllık ve otsu

yapıdadır; yaprakları geniş, mızrak şeklinde ve uçları sivri olup, çiçekleri başak şeklinde ve parlak mor, mavi veya beyaz renklerde gözlemlenir (Bremer, 1996; Jankovic ve ark, 2019). Ekolojik açıdan, Aster bitkisi özellikle iyi drene olan, kireçli ve besin açısından zengin topraklarda yaygın olarak yetişir ve ılıman iklim koşullarında büyüme eğilimi gösterir (Rameau ve ark, 1989; Rodwell ve ark, 2002; Landolt ve ark, 2010). Kullanım alanlarına gelince, bu bitki türü hem geleneksel tıpta çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmış (Achika ve ark, 2014; Rolnik ve Olas, 2021), hem de süs bitkisi olarak peyzaj düzenlemelerinde geniş yer bulmuştur (Beresford-Kroeger, 2004; Summers ve Brittenham, 2024).

2. ASTER *AMELLUS*'UN BOTANİK SINIFLANDIRILMASI

Aster *amellus, Asteraceae* (Compositae) familyasına ait çok yıllık bir bitkidir ve yaygın olarak "Michaelmas Daisy" olarak bilinir. Bu bitkinin botanik sınıflandırması şu şekildedir:

Alem: Plantae

Bölüm: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Asterales

Familya: Asteraceae

Cins: Aster

Tür: Aster amellus L.

Aster amellus, morfolojik ve ekolojik adaptasyonları sayesinde özellikle Avrupa ve Asya'nın ılıman bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Bu bitki, süs bitkisi olarak büyük bir ekonomik değere sahip olmasının yanı sıra, tıbbi uygulamalarda da kullanım potansiyeli taşır (Jones, 1980; Achika ve ark, 2014, Rolnik ve Olas, 2021; Summers ve Brittenham, 2024).

3. TARİHSEL ARKA PLAN VE KÖKENİ

Aster *amellus*'un kökeni, eski çağlardan bu yana doğal bitki örtüsünde önemli bir yer edinmiştir. Özellikle Antik Yunan ve Roma kültürlerinde, Aster türleri hem tıbbi amaçlarla hem de süs bitkisi olarak yoğun bir şekilde kullanılmıştır (Münzbergová ve ark.,2011). Aster ismi, Yunanca'da "yıldız" anlamına gelen "Aster" kelimesinden türemiştir; bu ad, bitkinin çiçeklerinin yıldız benzeri yapısından esinlenerek verilmiştir (Jones ve ark., 1981; Nesom ve ark.,1994; Xiang, 1996). Tarihsel süreç boyunca Aster *amellus*, farklı kültürel ve coğrafi bölgelerde çeşitli kullanım alanları bulmuş, bu sayede botanik ve tıbbi literatürde yer edinmiştir (Achika ,2014; Rolnik ve Olas 2021).

4. MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

4.1. Kök Yapısı

Bu bitki, morfolojik yapısı itibarıyla güçlü bir kök sistemine sahiptir ve gövdesi, dik ve dallanmış bir yapıya sahiptir. Bu özellikler, Aster *amellus*'u ekolojik restorasyon projelerinde değerli bir tür haline getirir ve sürdürülebilir çevre yönetimi stratejilerinde kullanım potansiyelini artırır.

Aster *amellus*'un hayatta kalma ve büyüme stratejisinin temel taşlarından biri olan kök yapısı, bitkinin adaptasyon yeteneğini ve ekolojik başarısını büyük ölçüde belirler. Bitki, genellikle kısa rizomlar (yer altı gövdesi) ve sağlam ana kökler geliştirir. Rizomlar, bitkinin yayılmasına ve toprak altındaki besin maddelerini etkin bir şekilde depolamasına olanak tanıyan yatay kök yapılarıdır. Bu rizomlar sayesinde, bitki hem horizontal olarak yayılabilir hem de yeni bireyler oluşturabilir, bu da özellikle stresli çevre koşullarında popülasyonun sürdürülebilirliğini artırır (Müller-Stoll, 1935; Troll, 1964; Münzbergová ve ark., 2011).

Aster *amellus*'un kökleri, besin maddeleri ve suyun toplanmasına olanak tanırken, aynı zamanda bitkinin dayanıklılığını artıran bir özellik gösterir. Bu kök yapısı, bitkinin kurak iklimlerde bile hayatta kalmasını sağlar. Derinlemesine nüfuz eden ana kökler, derin toprak katmanlarından su ve besin maddelerini çekerek, bitkinin su stresine ve besin eksikliklerine karşı direnç göstermesine yardımcı olur. Rizomlar, bitkinin enerjiyi depolaması ve zorlayıcı koşullarda yeniden büyümesini sağlayan rezervuarlar olarak işlev görür (Münzbergová ve ark., 2011).

Köklerin derinliği ve yayılma oranı, özellikle taşlık ve kısmi kuru ortamlarda bitkinin optimal gelişimini sağlar. Aster *amellus,* bu özellikleri sayesinde, zorlu çevre koşullarına adapte olabilen ve farklı habitatlarda yayılım gösterebilen bir bitkidir. Kök yapısının bu esnekliği, bitkinin hem doğal ortamlarında hem de tarımsal ve peyzaj uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılabilmesini sağlar (Landolt ve ark., 2010; Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broasca, 2012)

4.2. Gövde Yapısı

Aster *amellus'*un gövde yapısı, bitkinin genel morfolojik yapısında önemli bir rol oynar ve bitkinin çevresel koşullara uyum sağlamasında kritik bir bileşendir. Bitkinin gövdesi genellikle dik ve dayanıklıdır, boyu 30-90 cm arasında değişebilir. Bu gövde yapısı, bitkiye stabilite ve destek sağlayarak, rüzgâr ve diğer mekanik stres faktörlerine karşı dirençli olmasını sağlar (Münzbergová ve ark., 2011).

Aster *amellus*'un gövdesi, tüylü ve hafifçe sert kıllarla kaplıdır. Bu tüyler ve kıllar, bitkinin su kaybını azaltarak kurak koşullarda hayatta kalma şansını artırır. Aynı zamanda, bu yapı çevresel etmenlere karşı fiziksel bir koruma sağlar, bitkiyi zararlı organizmaların ve aşırı güneş ışığının olumsuz etkilerinden korur. Gövde, yuvarlak ve pürüzsüzdür, ancak bazen ince damarlarla belirginleşebilir. Bu damarlar, bitki dokuları arasında su ve besin maddelerinin taşınmasını kolaylaştıran önemli yapısal bileşenlerdir (Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broasca, 2012).

Gövdenin iç yapısı, odunsu dokuların gelişimiyle güçlendirilmiştir. Bu odunsu dokular, gövdeye mekanik dayanıklılık kazandırır ve bitkinin dik durmasını sağlar. Genellikle yeşil renkte olan gövde, büyüdükçe kahverengimsi bir renk alabilir; bu değişim, bitkinin yaşlandıkça odunsulaşan dokularının bir göstergesidir. Ayrıca, bitkinin gövdesi, özellikle uzun süreli güneş ışığına ve rüzgarlara maruz kaldığında sertleşir. Bu sertleşme, bitkinin dış etkenlere karşı dayanıklılığını artırarak, ekstrem koşullarda bile bitkinin büyümesini sürdürebilmesini sağlar (Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broasca, 2012).

4.3. Yaprak Yapısı

Aster *amellus* bitkisinin yaprak yapısı, bitkinin morfolojik özelliklerinin en belirgin unsurlarından biridir ve bitkinin çevresel uyum yeteneğinde önemli bir rol oynar. Yapraklar, genellikle uzun ve mızrak şeklindedir. 5-12 cm uzunluğunda ve 2-5 cm genişliğindedir. Alt yüzeyleri genellikle gri-yeşil renklerde olup, üst yüzeyde ise daha parlak ve düz bir yapıya sahiptir. Bu farklılık, yaprakların hem estetik değerini artırır hem de fotosentez kapasitesini optimize eder. Yaprakları oval şekilli olup, kenarları düzensiz dişlidir; bu yapraklar, bitkinin fotosentez verimliliğini artırırken aynı zamanda su kaybını minimize etmeye yardımcı olur. Yaprak kenarları ince dişlidir, ancak bu dişler çok belirgin değildir. Yaprakların düzenli bir şekilde saplara yerleşmesi, bitkinin fotosentez kapasitesini artıracak şekilde üst üste binmeden dağılmasını sağlar. Bu düzenleme, yaprakların güneş ışığını en etkin şekilde toplayabilmesi için optimum açıyı sağlar ve bu da bitkinin büyüme hızını ve genel sağlık durumunu doğrudan etkiler. Yapraklar, su kaybını minimize etmek için suyun buharlaşmasını azaltan mikroskobik tüyler içerir. Bu tüyler, suyun yaprak yüzeyinde daha uzun süre kalmasını sağlayarak bitkinin kurak koşullara adaptasyonunu destekler (Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broasca, 2012).

Aster *amellus*'un geniş yaprakları, bitkinin hem su yönetimini optimize eder hem de nemli ortamlarda hayatta kalmasına yardımcı olur. Yaprakların bu adaptif özellikleri, bitkinin farklı iklim koşullarına uyum sağlamasını ve geniş bir coğrafi alanda yayılım göstermesini sağlar. Ayrıca, yaprakların alt ve üst yüzeylerindeki farklı renk ve dokular, bitkinin ışık absorpsiyonunu ve gaz değişimini düzenleyerek, fotosentez verimliliğini artırır (Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broasca, 2012).

4.4. Çiçek Yapısı

Aster *amellus* bitkisinin çiçek yapısı, bitkinin en dikkat çekici özelliklerinden biridir. Çiçekler, başak şeklinde bir araya gelir ve genellikle mor veya mavi tonlarında, nadiren beyaz renkte olabilir. Bu çiçek başları, ortada sarımsı disk çiçekleri ve etrafında dilsi (ligulat) çiçeklerden oluşan yoğun bir yapıya sahiptir. Çiçekler genellikle 5-7 cm çapında olup, tek tek başaklar halinde toplanmışlardır. Bu düzenleme, bitkinin polinatörler tarafından kolayca fark edilmesini sağlar ve polinasyon sürecini etkin kılar. Aster *amellus*'un çiçekleri, polinatörlerin ilgisini çekmek için parlak renkler ve hoş bir kokuya sahiptir. Bu özellikler, bitkinin arılar, kelebekler ve diğer böcekler tarafından ziyaret edilme olasılığını artırır. Çiçeklerin parlak mor ve mavi tonları, özellikle arıların ve kelebeklerin dikkatini çekerken, yayılan hoş koku, polinatörleri bitkiye çeker. Çiçeklerin açma dönemi, genellikle yaz sonlarından sonbahar başlarına kadar sürer. Bu uzun çiçeklenme dönemi, Aster *amellus*'u diğer bitkilerden ayıran önemli bir özelliktir ve bitkinin ekosistem içindeki rolünü pekiştirir (Münzbergová ve ark., 2011).

Aster *amellus*'un çiçeklenme süresi boyunca, bitki başta arılar ve kelebekler olmak üzere birçok polinatörü çeker. Bu polinatörler, bitkinin tozlaşma sürecinde kritik bir rol oynar ve bitkinin üreme başarısını artırır. Ayrıca, bu polinatör etkileşimleri, bitkinin bulunduğu ekosistemdeki biyolojik çeşitliliği artırarak, ekosistemin genel sağlığına katkıda bulunur. Çiçeklerin düzenli ve yoğun yapısı, bitkinin tohum üretiminde ve tohumlarının yayılmasında da önemli bir rol oynar. Bu yapısal özellikler, bitkinin hayatta kalma ve yayılma yeteneğini güçlendirir (Chatterji,1952; Münzbergová ve ark., 2011; Krushnaiah ve ark., 2018).

4.5. Tohum Yapısı

Aster *amellus*'un tohum yapısı, bitkinin üreme stratejilerinin temel unsurlarından biridir ve bitkinin hayatta kalma ve yayılma yeteneğinde önemli rol oynar. Tohumlar, genellikle 2-3 mm uzunluğunda olup, hafifçe tüylü bir dış yüzeye sahiptir. Bu tüylü yapı, tohumların rüzgarla taşınmasını kolaylaştırarak geniş alanlara yayılmasını sağlar. Her tohum, küçük bir kuyruk şeklinde bulunan beyaz, tüylü bir "pappus" (taç tüyleri) içerir. Bu tüyler, tohumların daha uzak mesafelere yayılmasını sağlayarak türün hayatta kalma şansını artırır. Tohumlar, çiçeklenme dönemi sonrasında olgunlaşır ve genellikle sonbaharda dökülür. Bu özellik, Aster *amellus*'un farklı çevre koşullarında kolayca yayılabilmesini ve yeni alanlarda koloniler oluşturabilmesini sağlar. Tohumların geniş toprak alanlarına yayılması, yeni bitkilerin gelişmesine ve popülasyonun genişlemesine katkıda bulunur. Tohumların rüzgarla etkili bir şekilde taşınabilmesi, bitkinin çeşitli ekosistemlerde varlık göstermesini ve genetik çeşitliliğini korumasını sağlar (Punt ve Hoen,2009; Münzbergová ve ark., 2011).

5. GENETİK ÇEŞİTLİLİK VE VARYETELER

Aster *amellus* türü, genetik çeşitlilik bakımından zengin olup, farklı coğrafi bölgelerde çeşitli varyeteler ve alt türler geliştirmiştir. Bu genetik çeşitlilik, bitkinin değişen ekolojik koşullara uyum sağlama kabiliyetini büyük ölçüde artırır. Genetik varyasyonlar, bitkinin hem morfolojik hem de fizyolojik özelliklerinde kendini gösterir; örneğin, yaprak yapısı, çiçek rengi ve çiçeklenme zamanı gibi özellikler, çevresel faktörlere bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilir. Aster *amellus*'un genetik çeşitliliği, popülasyonlar arasındaki gen akışı ve doğal seleksiyon süreçleri tarafından yönlendirilir. Bu durum, bitkinin farklı habitatlarda hayatta kalmasını ve yayılmasını destekler. Özellikle, kuraklık, toprak tipi ve rakım gibi çevresel stres faktörlerine karşı direnç geliştirerek, geniş bir coğrafi yayılım alanına sahip olmasını sağlar. Aster *amellus*'un çeşitli varyeteleri ve alt türleri, adaptif radyasyon yoluyla farklı ekolojik nişlerde kendine yer bulmuş ve bu süreçler, bitkinin evrimsel başarısını pekiştirmiştir (Mayor ,2008; Raman ve ark., 2023).

6. EKOLOJİK GEREKSİNİMLER

6.1. Habitat ve Yayılım

Aster *amellus*, geniş bir coğrafi yayılıma sahip olup, özellikle Avrupa ve Asya'nın ılıman bölgelerinde doğal olarak bulunur. Bu bitki türü, genellikle orman açıklıkları, çayırlıklar ve yol kenarlarında yayılım gösterir; bu alanlarda bulunan mikro habitat çeşitliliği, Aster *amellus*'un ekolojik esnekliğini ve adaptif potansiyelini ortaya koyar. Doğal habitatında, iyi drene edilmiş toprakları tercih eder ve tam güneş alan ya da yarı gölge alanlarda optimal büyüme gösterir. Bu özellikleri sayesinde, geniş bir habitat yelpazesinde hayatta kalabilir ve başarılı bir şekilde yayılabilir (Bremer ve ark.,1996; Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broască, 2012; Jankovic ve ark., 2019).

Bitkinin yayılımı hem tohumla hem de rizomlarla gerçekleşir. Tohumlar, papus adı verilen tüylü yapıları sayesinde rüzgarla geniş alanlara yayılabilirken, rizomlar, bitkinin vegetatif üremesini sağlayarak lokal populasyonların büyümesine katkıda bulunur. Aster *amellus*'un habitat değişikliklerine karşı oldukça adaptif bir bitki olduğu, farklı ekosistemlerde başarıyla yer

bulabilmesinden anlaşılmaktadır. Bu adaptif yetenek, bitkinin hem doğal hem de insan etkisiyle değişen çevre koşullarında hayatta kalmasını sağlar (Punt ve Hoen,2009; Münzbergová ve ark., 2011).

Aster *amellus*'un ekolojik önemi, sadece kendi habitatında değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve ekosistem hizmetlerinin devamlılığında da büyük rol oynar. Bu bitki, tozlayıcılar için önemli bir kaynak olup, yerel flora ve fauna arasındaki etkileşimlerin düzenlenmesinde kritik bir rol oynar (Punt ve Hoen,2009; Münzbergová ve ark., 2011).

6.2. İklim ve Toprak İstekleri

Aster *amellus*, optimal büyüme ve gelişme için ılıman iklim koşullarını tercih eder. Bu bitki, genellikle 6-8 pH aralığındaki topraklarda en iyi şekilde büyür ve bu pH aralığı, toprakta bulunan besin maddelerinin bitki tarafından kolayca alınabilmesini sağlar. Aster *amellus*, soğuk kış koşullarına karşı dayanıklıdır ve don olaylarına karşı direnç gösterir; bu özellikleri, bitkinin geniş bir coğrafi alanda varlık gösterebilmesine olanak tanır (Chandanshive ve ark., 2018).

Toprak yapısı açısından, iyi drene edilmiş ve humusça zengin topraklar, Aster *amellus*'un optimum büyüme koşullarını sağlar. Bu tür topraklar, bitkinin köklerinin hava almasını ve suyun etkili bir şekilde drene edilmesini mümkün kılar. Bitki, aynı zamanda kuraklık dönemlerinde sulama gerektirebilir; ancak genellikle orta derecede su gereksinimi vardır ve bu durum, bitkinin kuraklık stresine karşı adaptasyon yeteneğini gösterir. Aster *amellus*'un iyi gelişebilmesi için, düzenli sulama ve uygun toprak koşullarının sağlanması önemlidir (Rodwell ve ark., 2002; Landolt ve ark., 2010; Chandanshive ve ark.,2018).

6.3. Büyüme Koşulları ve Adaptasyon Mekanizmaları

Aster *amellus*, çevresel stres faktörlerine karşı çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirmiştir. Bu mekanizmalar, bitkinin hayatta kalma yeteneğini ve yayılım başarısını büyük ölçüde artırır. Örneğin, rizomlar aracılığıyla vegetatif üreme, bitkinin zorlu koşullarda bile hayatta kalmasını ve populasyonunu sürdürmesini sağlar. Rizomlar, yer altında yatay olarak büyüyen kök benzeri yapılar olup, yeni bitkilerin oluşumunu teşvik eder ve bitkinin geniş alanlara yayılmasına olanak tanır Baskin ve Baskin, 2023).

Aster *amellus*'un geniş ve derin kök sistemi, su ve besin maddelerini daha etkin bir şekilde almasını sağlar. Bu özellik, bitkinin özellikle kurak dönemlerde suya erişimini kolaylaştırır ve besin maddelerinin daha derin toprak katmanlarından alınabilmesine olanak tanır. Bitkinin yaprakları, su kaybını minimize edecek şekilde düzenlenmiştir; yaprak yüzeyinde bulunan tüyler ve kalın kütikula tabakası, transpirasyonu azaltarak su kaybını önler ve bitkiye kuraklık dönemlerinde avantaj sağlar. Ayrıca, Aster *amellus*'un yapraklarının düzensiz dişli kenarları, suyun yaprak yüzeyinde daha uzun süre kalmasını sağlayarak bitkinin su yönetimini optimize eder (Landolt ve ark., 2010; Münzbergová ve ark., 2011; Rodica Bercu ve Broască, 2012).

7. KULLANIM ALANLARI

7.1. Tıbbi ve Farmakolojik Uygulamalar

Aster *amellus*, tarih boyunca geleneksel tıpta çeşitli hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmış bir bitkidir. Bu bitki, içerdiği biyoaktif bileşikler sayesinde önemli farmakolojik özelliklere sahiptir. Özellikle flavonoidler, tanenler ve saponinler gibi fitokimyasallar, Aster *amellus*'un anti-enflamatuar ve antioksidan etkilerini destekler. Flavonoidler, serbest radikalleri nötralize ederek hücresel hasarı önlerken, tanenler inflamasyonun azaltılmasında etkili olur ve saponinler ise bağışıklık sisteminin güçlendirilmesine katkı sağlar (Sharma ve ark.,2022).

Araştırmalar, Aster *amellus* özütünün çeşitli sağlık sorunlarına karşı etkili olabileceğini göstermektedir. Örneğin, gastrointestinal sorunların tedavisinde bu bitkinin anti-enflamatuar özelliklerinden yararlanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, cilt hastalıkları ve yaraların iyileşmesinde de kullanımı mevcuttur; bu durum, bitkinin antimikrobiyal ve yara iyileştirici etkilerine dayanmaktadır. Solunum yolu enfeksiyonlarına karşı ise, Aster *amellus*'un antibakteriyel ve antiviral aktiviteleri ön plana çıkmakta ve bu sayede enfeksiyonların tedavisinde doğal bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Sharma ve ark.,2022).

Farmakolojik araştırmalar, Aster *amellus*'un potansiyel terapötik uygulamalarını daha geniş bir perspektifle ele almış ve bitkinin tıbbi değerinin bilimsel temellere dayandığını ortaya koymuştur. Bu bitki, aynı zamanda modern farmasötik ürünlerin geliştirilmesinde de önemli bir kaynak olarak görülmektedir (Sharma ve ark.,2022).

7.2. Peyzaj ve Süs Bitkisi Olarak Kullanımı

Aster *amellus*, estetik değeri yüksek bir süs bitkisi olarak peyzaj tasarımlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu bitki, parklar, bahçeler ve yol kenarları gibi çeşitli peyzaj alanlarında dekoratif amaçlarla yaygın olarak yetiştirilir. Çiçeklenme döneminde ürettiği renkli ve çekici çiçekler, peyzaj alanlarına görsel bir çekicilik ve canlılık kazandırır. Mor, mavi ve pembe tonlarında çiçekleriyle hem tek başına hem de diğer bitkilerle kombinasyon halinde kullanılarak çeşitli kompozisyonlar oluşturulabilir. Peyzaj tasarımında Aster *amellus*'un kullanımı, estetik değerinin ötesinde ekolojik faydalar da sağlar. Bu bitki, polinatörlerin ilgisini çekerek biyolojik çeşitliliğin artmasına önemli katkılarda bulunur. Arılar, kelebekler ve diğer tozlayıcılar için nektar kaynağı olması, yerel ekosistemlerdeki polinasyon süreçlerinin desteklenmesine yardımcı olur. Aster *amellus*'un çiçeklenme dönemi boyunca bu tozlayıcıları cezbetmesi, sadece bitkilerin değil, aynı zamanda çevredeki flora ve faunanın da çeşitliliğini artırır (Girishave ve ark.,2012; Sharma ve ark.,2022).

Bu bitkinin peyzaj tasarımlarında kullanımı, aynı zamanda sürdürülebilir ve düşük bakım gerektiren bahçecilik uygulamalarını destekler. Aster *amellus*, kuraklık koşullarına karşı dayanıklılığı ve çeşitli toprak tiplerinde başarılı bir şekilde büyüme yeteneği sayesinde, düşük su ve bakım ihtiyaçları olan alanlarda ideal bir seçimdir. Bitkinin rizomlar aracılığıyla vegetatif üreme yeteneği, hızlı yayılma ve örtü sağlama özellikleri ile peyzaj alanlarının hızlı ve etkili bir şekilde yeşillendirilmesini sağlar [Girishave ve ark.,2012; Pergl ve ark.,2016; Sharma ve ark.,2022).

Aster *amellus*'un peyzaj ve süs bitkisi olarak geniş kapsamlı kullanımı hem estetik hem de ekolojik açıdan değerli bir bitki olmasını sağlamaktadır. Bu bitkinin peyzaj tasarımında kullanılması, yalnızca görsel güzelliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel

sürdürülebilirliği destekler ve yerel biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunur (Pergl ve ark.,2016).

7.3. Ekonomik ve Kültürel Önemi

Aster *amellus*, yüksek ekonomik değeri ile tanınan bir bitki türüdür. Süs bitkisi olarak satışı, dünya genelinde önemli bir ticari gelir kaynağı oluşturur. Özellikle bahçecilik ve peyzaj sektörlerinde, Aster *amellus*'un estetik cazibesi ve dayanıklılığı, onu tercih edilen bir bitki haline getirir. Çiçek yetiştiriciliği ve satışı, yerel ekonomilere katkıda bulunur ve küçük ölçekli çiftçiler ile bahçecilik işletmeleri için önemli bir gelir kaynağı sağlar (Khandare ve Govindwar, 2015).

Ekonomik değerinin yanı sıra, Aster *amellus*, kültürel bağlamda da büyük bir öneme sahiptir. Avrupa'nın bazı bölgelerinde, bu bitki geleneksel festivallerde ve törenlerde önemli bir rol oynar. Özellikle sonbahar aylarında düzenlenen festivallerde, Aster çiçekleri dekoratif amaçlarla kullanılır ve bu bitki, mevsimsel değişimlerin bir sembolü olarak kabul edilir Ayrıca, Aster *amellus,* belirli ritüellerde ve kutlamalarda sıkça kullanılan bir bitkidir ve bu, bitkinin toplumsal ve kültürel değerini pekiştirir (Plachá, 2006; Khandare ve Govindwar, 2015).

Aster *amellus*'un kültürel anlamı, yerel halkın geleneklerinde ve ritüellerinde de kendini gösterir. Bu bitki, bazı topluluklarda sağlık ve refahın sembolü olarak kabul edilir ve bu nedenle evlerde ve topluluk alanlarında süs bitkisi olarak yaygın şekilde kullanılır. Çiçeklerinin parlak renkleri ve dayanıklılığı, Aster *amellus*'u sadece ekonomik bir kaynak değil, aynı zamanda kültürel mirasın bir parçası haline getirir (García ve ark.,2008).

8. YETİŞTİRME VE BAKIM

8.1.Üretim Teknikleri

Aster *amellus*'un üretimi hem tohumla hem de vegetatif yöntemlerle gerçekleştirilebilir ve her iki yöntem de bitkinin sağlıklı ve verimli bir şekilde çoğalmasını sağlar. Tohumla üretim, genellikle erken ilkbaharda yapılır. Tohumlar, önceden hazırlanmış ve iyi drene edilmiş topraklara ekilir. Çimlenme süresi boyunca düzenli sulama, tohumların başarılı bir şekilde filizlenmesi için kritik öneme sahiptir. Çimlenme oranını artırmak için tohumların ekim öncesinde soğuk katlama gibi işlemlerle ön muamele edilmesi önerilir (Jeon ve ark., 2013).

Vegetatif çoğaltma ise, rizomların bölünmesi ve yeniden dikilmesi ile gerçekleştirilir. Rizomlar, bitkinin yer altındaki yatay kök yapılarıdır ve bitkinin vegetatif olarak çoğalmasını sağlar. Bu yöntem, bitkinin genetik yapısını koruyarak homojen bir popülasyon elde etmek için etkili bir yoldur. Rizomlar erken ilkbaharda veya sonbaharda, bitkinin aktif büyüme döneminde bölünerek yeniden dikilir. Bu süreçte, iyi drene edilmiş ve besin açısından zengin topraklar tercih edilmelidir. Bölünmüş rizomların düzenli sulanması, köklenme ve büyüme süreçlerini destekler (Jeon ve ark., 2013).

Her iki üretim yöntemi de belirli avantajlar sunar. Tohumla üretim, genetik çeşitliliği artırarak bitkinin adaptasyon yeteneğini geliştirirken, vegetatif çoğaltma, daha hızlı ve homojen bir büyüme sağlar. Ayrıca, vegetatif yöntemler, özellikle ticari üretimde hızlı ve verimli bitki çoğaltımı için sıklıkla tercih edilir. Uygulanan üretim tekniği ne olursa olsun, Aster amellus'un sağlıklı büyümesi için uygun iklim ve toprak koşullarının sağlanması önemlidir. Bu bitkinin

büyüme sürecinde karşılaşabileceği olası stres faktörlerinin yönetimi de üretim başarısını doğrudan etkiler (Lopez ve ark.,2006; Kang ve ark., 2020).

8.2.Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları

Aster *amellus*'un başarılı bir şekilde yetiştirilmesinde sürdürülebilir tarım uygulamaları büyük bir öneme sahiptir. Bu uygulamalar, çevresel etkileri minimize ederken uzun vadede sağlıklı ve verimli bir üretim sağlama hedefi taşır. Sürdürülebilir tarımın önemli bileşenlerinden biri organik gübre kullanımıdır. Kimyasal gübrelerin aksine, organik gübreler toprağın mikrobiyal aktivitelerini ve yapısını iyileştirerek, toprak sağlığını korur ve bitkilerin besin maddelerini daha etkin bir şekilde almasını sağlar (Pánková, 2009; Hue ve Silva, 2020).

Aster *amellus*'un yetiştirilmesinde bir diğer kritik uygulama ise su tasarrufu sağlayan sulama sistemlerinin kullanımıdır. Damla sulama ve yağmurlama gibi verimli sulama yöntemleri, su kaynaklarının etkin kullanımını destekler ve bitkinin su stresini minimize eder. Bu yöntemler, suyun doğrudan köklere ulaşmasını sağlayarak buharlaşma yoluyla su kaybını azaltır. Su tasarrufu hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde bu uygulamalar büyük fayda sağlar (Singh, 2017).

Biyolojik mücadele yöntemleri, sürdürülebilir tarımın bir diğer önemli bileşenidir. Aster *amellus*'un zararlılara ve hastalıklara karşı korunmasında doğal düşmanların ve biyolojik ajanların kullanımı, kimyasal pestisitlere olan bağımlılığı azaltır. Bu yöntemler, ekosistemdeki biyolojik dengeyi korur ve bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesini destekler. Ayrıca, biyolojik mücadele, çevresel kirliliği önler ve tarım alanlarındaki biyoçeşitliliği artırır (Castro, 2011; Münzbergová ve ark., 2011).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Aster *amellus*'un yeni kullanım alanlarının keşfedilmesi ve ticari değerinin artırılması için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bitkinin farmakolojik potansiyeli üzerine yapılan çalışmalar, tıbbi uygulamalarda kullanılabilecek yeni biyoaktif bileşiklerin keşfine katkıda bulunabilir. Ayrıca, bitkinin süs bitkisi olarak daha geniş ölçekli üretimi ve ticari pazarlara entegrasyonu, ekonomik faydalarını artırabilir. Peyzaj tasarımı ve biyolojik çeşitlilik projelerinde Aster amellus'un rolü, çevresel sürdürülebilirlik ve estetik katkılar açısından araştırılabilir.

Sonuç olarak, Aster amellus'un genetik, ekolojik ve ticari boyutları üzerine yapılacak olan gelecekteki araştırmalar, bu bitkinin bilimsel ve ekonomik potansiyelini daha iyi anlamamızı sağlayacaktır. Bu çalışmalar hem akademik literatüre hem de pratik uygulamalara değerli katkılar sunacaktır.

KAYNAKLAR

Achika, J.I., Arthur, D.E, Gerald, I. and Dedayo, A. A review on the phytoconstituents and related medicinal properties of plants in the Asteraceae family. IOSR J Appl Chem, 7(8), 1-8. 2014.

Baskin, C.C and J.M. Baskin, J.M. Seed dormancy in Asteraceae: a global vegetation zone and taxonomic/phylogenetic assessment. Seed Science Research, 33(2), 135-169. 2023.

Beresford-Kroeger, D. A garden for life: The natural approach to designing, planting, and maintaining a north temperate garden. University of Michigan Press. 2004.

Bremer, K. Major clades and grades of the Asteraceae. Compositae: systematics, 1,1-7. 1996.

Rameau, J.C., Mansion, D and Dume, G. Flore forestière française: Plaines et collines (Vol. 1). Forêt privée française. 1989.

Castro, S., Münzbergová, Z., Raabová, J. and Loureiro, J. Breeding barriers at a diploid–hexaploid contact zone in Aster amellus. Evolutionary Ecology, 25, 795-814. 2011.

Chandanshive, V.V., Kadam, S.K., Khandare, R.V., Kurade, M.B., Jeon, B.H., Jadhav, J.P and S.P. Govindwar, S.P In situ phytoremediation of dyes from textile wastewater using garden ornamental plants, effect on soil quality and plant growth. Chemosphere, 210, 968-976. 2018.

Chatterji, A.K Structure and behavior of chromosomes in different varieties of Aster amellus L. and their mode of origin. Caryologia, 15(3), 515-524. 1962.

García, M., Oyonarte, C., Villagarcía, L., Contreras, S., Domingo, F. and J. Puigdefábregas, J. Monitoring land degradation risk using Aster data: The non-evaporative fraction as an indicator of ecosystem function. Remote Sensing of Environment, 112(9), 3720-3736. 2008.

Girisha, R., Shirol, A.M., Patil, K.V and Kulkarni, B.S. Effect of Different Plant Growth Regulators on Growth, Flowering and Quality of Daisy (Aster amellus L.) cv. Dwarf Pink. Indian Horticulture Journal, 2(1and2), 39-42. 2012.

Hue, N.V. and Silva, J.A. Organic soil amendments for sustainable agriculture: organic sources of nitrogen, phosphorus, and potassium. Plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii, Manoa, 133-144. 2020.

Jankovic, P., Susanna, A and Marin, P.D. Micromorphology and anatomy in systematics of Asteraceae. An old-fashioned approach? Biologica Nyssana, 10(2). 2019.

Jeon, K.S., Song, K.S., Yoon, J.H., Kim, C.H. and Kim, J.J. Effects of seed pretreatment and environment controls on germination of Atractylodes japonica seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science, 21(5), 394-400. 2013.

Jones, A.G and P. Hiepko, P. Berlin'deki Willdenow herbaryumunda Aster sl (Asteraceae) c insi. Willdenowia, 343-360. 1981.

Jones, A.G. A classification of the New World species of Aster (Asteraceae).Brittonia, 230-239. 1980.

Kang, W.S., Kim, M.G., Kim, S.Y., Han, S.H. and Kim, D.H. Effect of Seed Priming and Pellet Coating Materials on Seedling Emergence of Aster koraiensis. Journal of Korean Society of Forest Science, 109(1), 41-49. 2020.

Khandare, R.V. and Govindwar, S.P. Phytoremediation of textile dyes and effluents: current scenario and future prospects. Biotechnology Advances, 33(8), 1697-1714. 2015.

Kolupaev, E., Yastreb, O., Ryabchun, I., Kuzmyshyna, V., Marenych, M. and Ryabchun, K. Signaling And Protection Systems İn The Adaptation of Plants To Cold. Journal Of Central European Agriculture, 24(1), 202-215. 2023.

Krushnaiah, R., Nayak, M.H, Prasanth, P and Saidanaik, D. Studies on the effect of integrated nutrient management on growth, flowering and yield of italian aster (Aster amellus L.)

cv. 'Purple Multipetal'. Journal homepage: http://www. ijcmas. com, 7(10), 2018.

Kumar, A., Bhatti, S.K., Mangla, C. and Aggarwal, A. Survey of some important ornamental flowering plants of Solan, Himachal Pradesh with enumeration. Asian J Adv. Basic Sci, 3(2), 84-90. 2015.

Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, W and Wohlgemuth, T Flora indicative Ecological inicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps: ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt Verlag. 2010.

Lopez, J., Gonzalez, A. and Contreras, F. The use of photoperiodic Lighting in Floriculture in Mediterranean Conditions: Aster. Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical, (1st), 678-682. 2006.

Mayor, R. Ecology and genetics of the rare plant Aster amellus L. in a fragmented landscape (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar). 2008.

Müller-Stoll, W.R. Ökologisc the Untersuchungen an Xerothermpflanzen des Kraichgaus. Bot, 29, 161-253. 193

Münzbergová, Z., Raabová, J., Castro,S. and Pánková, H. Biological flora of central Europe: Aster amellus L. (Asteraceae). Perspectives in plant ecology, evolution and systematics, 13(2), 151-162. 2011.

Nesom, G. L. Subtribal classification of the Astereae (Asteraceae). Phytologia, 76. 1994.

Pánková, H. Importance of mycorrhizal symbiosis for local adaptations of Aster amellus. 2009.

Pergl, J., Sádlo, J., Petřík, P., Danihelka, J., Chrtek Jr, J., Hejda, M. and P. Pyšek, P. Darkside of the fence: ornamental plants as a source of wild-growing flora in the Czech Republic. Preslia, 88(2), 163-184. 2016.

Plachá, H. Importance of mycorrhizal symbiosis for local adaptations of Aster amellus. 2006.

Punt, W and Hoen, P.P. The Northwest European Pollen Flora, 70: Asteraceae Asteroideae. Review of Palaeobotany and Palynology, 157(1-2), 22-183.2009.

Raman, G., Choi, K.S and Park, S. "Population Structure and Genetic Diversity Analyses Provide New Insight into the Endemic Species Aster spathulifolius Maxim. and Its Evolutionary History. Plants, 13(1), 88. 2023.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BİTKİSEL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Prof.Dr.Mehmet Ufuk KASIM[3]
Kocaeli Üniversitesi
mukasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2976-7320

Prof.Dr.Rezzan KASIM
Kocaeli Üniversitesi
rkasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-2279-4767

ÖZET

Kırsal yerleşim alanlarındaki nüfusun büyük şehirlere göç etmesi ile birlikte, şehirlerde artan nüfus yoğunluğuyla beraber bazı sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birisi de katı atık, diğer bir ifade ile evsel çöplerdir. Evlerden çıkan atıkların bir kısmı geri dönüşebilir kağıt, metal, plastik gibi ürünlerden oluşurken, önemli bir kısmını da organik atıklar oluşturmaktadır. Bununla beraber şehir yaşamı içerisinde yer alan bitkisel alanlardan da önemli miktarda organik atık çıkmaktadır. Gerek evsel, gerekse peyzaj alanlarındaki bitkisel organik atıkların uygun şekillerde geri dönüştürülmesi doğal dengenin korunması açısından olağanüstü öneme sahiptir. Bu işlemler doğru şekillerde yapılmadığı taktirde çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Organik atıkların uygun olmayan ortamlarda anaerobik fermantasyona uğraması sonucu açığa çıkan metan gazı, küresel ısınmaya neden olan önemli bir sera gazıdır. Dolayısı ile organik atıların çevreye zarar vermeden geri dönüştürülmesi önemlidir. Aerobik parçalanma sonucunda, organik maddelerden elde edilecek kompost, tarımda kullanılabilecek önemli materyallerden birisi olmakla beraber sürdürülebilir bir kaynak olduğu için global kaynak korunumunu açısından da son derece önemlidir. Geri dönüşüm süreciyle elde edilecek bu materyaller toprak kalitesini iyileştirerek, toprak verimliliğini ve bitki büyüme ve gelişmesini artırma kapasitesine sahiptir. Bu çalışmada geri dönüşümde kullanılacak bitkisel materyaller, geri dönüşüm yöntemleri, geri dönüşüm ile elde edilecek materyallerin özellikleri ve kullanım alanları hakkında bilgiler verilecektir.

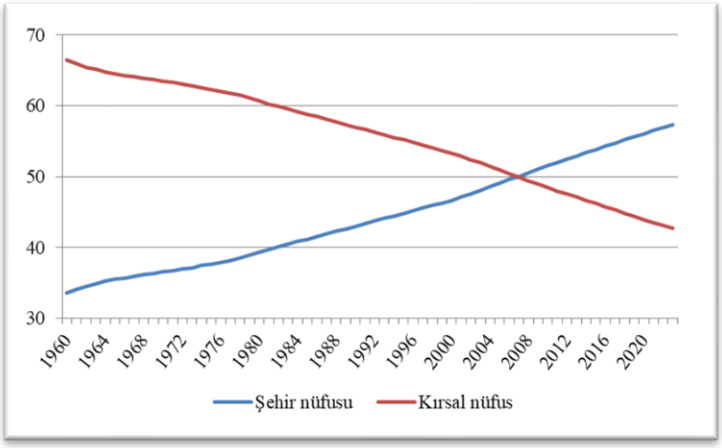
Anahtar Kelimeler : Bitkisel atık, kompost, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm.

[3] Sorumlu yazar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu son altmış yıl içerisinde önemli değişim göstermiştir. 1960 yılında 3 milyar olan dünya nüfusu bugün yaklaşık 8,2 milyardır (Worldometer, 2024). Diğer çarpıcı bir değişiklikte şehir ve kırsal nüfustaki değişimdir. 1960 yılında kırsal alanda yaşayan nüfus oranı %66,4 iken 2007 yılında şehirlerde yaşayan nüfus kırsal nüfusu geçmiştir. Bugün şehirde yaşayan insan nüfusu oranı %57,34'dür (Şekil 1) (O'Neill, 2024). Türkiye'de 2022 yılında il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı %93,4 iken köylerde yaşayan nüfus oranı %6,6'dır ve hızla kırsal nüfus düşmeye devam etmektedir (TUİK, 2022)



Şekil 1. 1960 ile 2023 yılları arasında Dünya nüfusunun kırsal alanda ve şehirlerde yaşama oranı (O'Neill, 2024)

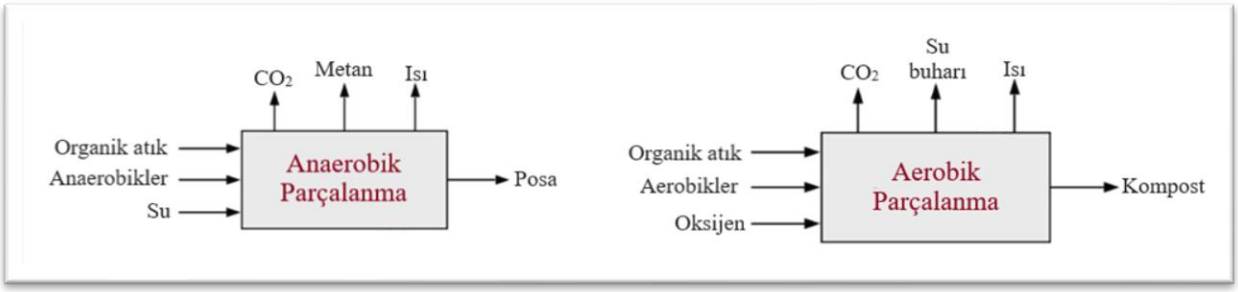
Şehirleşmenin artışı ile beraber nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir yaşam tarzı oluşmuş ve oluşmaya da devam etmektedir. Özellikle kırsal yerleşim alanlarındaki nüfusun büyük şehirlere göç etmesi ile birlikte artan nüfus yoğunluğuyla beraber bazı sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birisi de katı atık, diğer bir ifade ile evsel çöplerdir. Evlerden çıkan atıkların bir kısmı geri dönüşebilir cam, kağıt, metal, plastik gibi ürünlerden oluşurken, önemli bir kısmını da organik atıklar oluşturmaktadır (Azis vd., 2022) (Şekil 2).



Şekil 2. Dünyada açığa çıkan atıkların dağılımı (Azis vd. 2022)

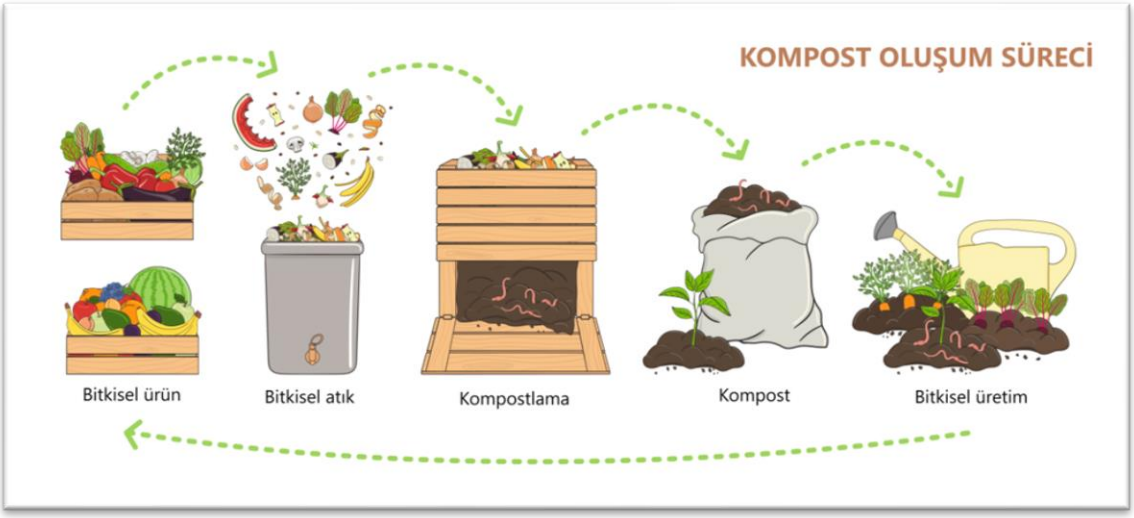
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Organik atıkların bir kısmı insan kullanımından dolayı açığa çıkarken, önemli bir kısmı da şehir yaşam alanları içerisinde yer alan bitkisel alanlardan çıkmaktadır (Kök, 2021). Gerek evsel, gerekse peyzaj alanlarındaki bitkisel organik atıkların uygun şekillerde geri dönüştürülmesi doğal dengenin korunması açısından olağanüstü öneme sahiptir. Bu işlemler doğru şekillerde yapılmadığı taktirde çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Organik atıklar, çöplüklere yığınlar halinde atıldığında, materyalin içerisindeki oksijen hızla tükendiği için aerobik parçalanmanın yerini anaerobik ayrışma almaktadır (Şekil 3). Anaerobik koşullar altında organik maddelerin parçalanması sırasında yoğun metan gazı üretilmektedir (Ayilara vd., 2020, Azis vd. 2022). Bilindiği üzere metan gazı da küresel ısınmaya neden olan önemli sera gazlarından birisidir. Aerobik parçalanma sırasında çıkan CO_2'de bir sera gazıdır. Ancak metan, atmosferdeki ısıyı karbondioksitten çok daha etkili bir şekilde tuttuğundan daha tehlikeli bir sera gazıdır (Howarth, 2014)



Şekil 3. Aerobik ve anaerobik parçalanma, girdiler ve çıktılar (Azis vd. 2022)

Aerobik parçalanma sonucunda, organik maddelerden elde edilecek kompost, tarımda kullanılabilecek önemli materyallerden birisi olmakla beraber sürdürülebilir bir kaynak olduğu için global kaynak korunumunu açısından da son derece önemlidir (Şekil 4). Geri dönüşüm süreciyle elde edilecek bu materyaller toprak kalitesini iyileştirerek, toprak verimliliğini ve bitki büyüme ve gelişmesini artırır (Kharola vd., 2022). Organik atık geri dönüşümü ayrıca daha temiz üretim, sıfır atık politikaları, sürdürülebilirlik ve biyo-bazlı dairesel ekonomi gibi popüler kavramları da öne çıkarır (Sharma vd., 2020).



Şekil 4. Kompost üretim süreci ve bitkisel üretimde kullanımının şematik gösterimi (Anonim 2024a).

Organik atıkların aerobik koşullarda parçalanarak kompostlaştırılması, hem katma değeri yüksek bir ürün üretilmesini sağlarken hem de çevre kirliliği ve sera gazı etkisini azaltarak küresel ısınma hızının yavaşlatmaktadır. Ancak, tüm dünyada organik atıkların bertaraf edilmesinde standart uygulamalar bulunmamakta, diğer bir ifade ile uygun "Organik Atık Yönetimi" sistemleri kullanılamamaktadır. Yetersiz organik atık yönetimi, çevre kirliliği, ötrofikasyon, kentsel peyzajın estetiğinin bozulması, sera gazı emisyonu ve insan sağlığına etkileri gibi birçok soruna yol açmaktadır. Atıkların bilinçsiz ve bilimsel olmayan şekilde bertaraf edilmesi, çevre kalitesi açısından büyük bir tehdit oluşturduğu gibi, atıkların ekonomik değer kaybına da yol açmaktadır. Organik atıklar, organik madde ve değerli bitki besin maddelerinin bol miktarda bulunduğu bir havuz olduğundan, bu atıkların tarımsal olarak geri dönüştürülmesi, değer katmayı ve bunların verimli kullanımını sağlayan umut verici bir alternatif olarak görünmektedir (Pathak vd., 2016; Yang vd., 2015). Çizelge 1'de geleneksel atık yönetimi ile kompostlama süreci karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda olabildiğince toplumların ve özellikle belediyelerin farkındalığının artırılması önem kazanmaktadır. Bu çalışma organik atıkların komposta dönüştürülmesi bilincine katkı sunmak amacı ile hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Kompostlama ile geleneksel atık yönetiminin karşılaştırması (Ayilara vd. 2020)

Kompostlama	**Geleneksel**
Kompostlama, toprak parçacıklarını bir arada tutarak erozyonu önlediği için çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya yardımcı olur. Atıkların kontrollü bir ortamda tutulmasına ve yararlı bir ürüne dönüştürülmesine yardımcı olur. Kirlenmiş toprağın biyoremediasyonuna yardımcı olurlar. Ayrıca, ürüne faydalı olan farklı böcekleri, bakterileri, mantarları vb. çekerek topraktaki biyolojik çeşitliliği artırırlar. Kontrollü bir ortamda işlenirler	Geleneksel atık yönetim yöntemleri (açık çöplük, nehir ve okyanus çöplüğü, sıhhi çöplükler ve yakma) toprağı, havayı ve su kütlelerini kirletir. Koku yayar ve kötü görüntüler yaratır. Ayrıca atıklar gömüldüğünde yeraltı suyunun kirlenmesine neden olurlar.
Ayrıca bitkilerdeki hastalıkları baskılamaya ve toprağı zenginleştirmeye yardımcı olurlar	Bunlar (hayvan besleme, yakma, açık çöplük, nehir ve okyanus çöplüğü) insan ve hayvan sağlığı üzerinde kötü etkisi olan zararlılara, patojenlere ve böceklere ev sahipliği yaparlar.
Metan gibi gazların üretimini azaltarak sera etkilerini azaltmaya yardımcı olurlar. Kompostlama sırasında CO_2 salınmasına rağmen, diğer (yanma) atık yönetim modlarına kıyasla daha azdır	Bunlar sera etkisine büyük ölçüde katkıda bulunur. Bu, atıkların yanması sonucu ortaya çıkar.
Atık hacmini önemli ölçüde azaltır	Atıklar (açık çöplük, nehir ve okyanus çöplüğü) genellikle istiflenir ve bu nedenle atıkların hacmi artar
Polietilen torbalar, plastikler ve diğerleri gibi dirençli maddeler kompostlanamaz	(Yakma) Plastikleri, poşetleri vb. çevre kirliliği tehdidi oluşturmalarına rağmen işleyebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

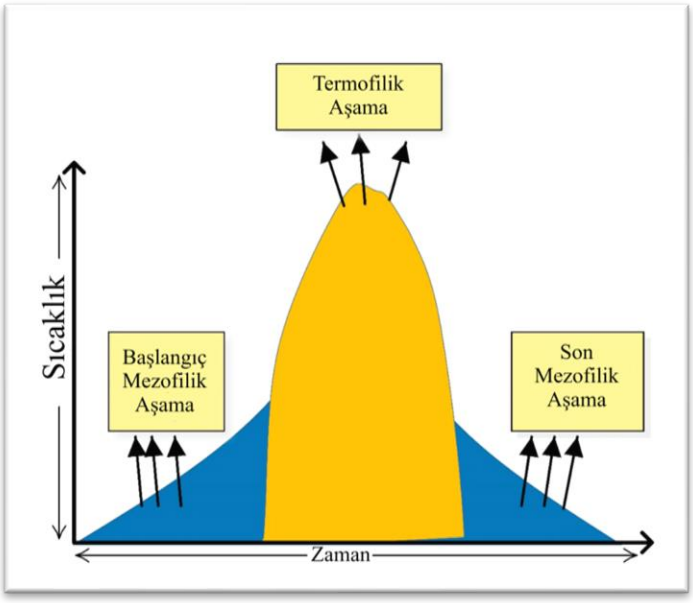
2. KOMPOSTLAŞMA

Kompost, organik maddelerin kontrollü biyolojik ayrışmasının ürünüdür. Daha spesifik olarak kompost, kontrollü koşullar altında organik maddenin biyolojik ayrışmasından kaynaklanan stabil, humus benzeri üründür. Organik materyallerin kompostlaştırma sürecinin iyi düzenlenmesi ve optimize edilmesi daha hızlı bir süreç ve kaliteli bir son ürün üretilmesini sağlar (Chen vd. 2011). Kompostlaşma sırasında mikroorganizmalar organik atıkları ekzotermik bir şekilde karbondioksite, biyokütleye ve humusa ayrıştırır (Zhang ve Sun, 2017). Kompostlaşmanın en önemli ürünü olan humus, toprak kalitesini iyileştirirken kompostlaşma sürecini değerlendirmek için önemli bir göstergedir. Kompostlaşmanın humifikasyon aşaması, humusun büyük miktarda toplanması için kritik bir dönemdir (Gao vd., 2019). Humifikasyon süreci iki ana aşamadan oluşur. İlk olarak, kolayca parçalanabilen organik maddeler mikroorganizmalar tarafından, amino asitler, şekerler, polifenoller ve diğer küçük moleküllü organik asitler gibi humik öncüllerine parçalanırlar (Wu vd., 2017a). İkinci olarak, humik maddeler polimerizasyon ve oksidasyon gibi bir dizi biyokimyasal reaksiyon yoluyla farklı humik öncüllerden oluşur (Chen vd., 2023). Humus oluşum yollarıyla ilgili dört farklı teori yaygın olarak kabul görmüştür (Yin vd., 2023): lignin-protein teorisi, polifenol öz-yoğunlaşması, polifenol-protein yolu ve Maillard reaksiyonu (Qi vd., 2020; Zhang vd., 2018). Humus öncülleri esas olarak termofilik mikroorganizmaların önemli rol oynadığı aerobik kompostlaşmanın ısıtma ve yüksek sıcaklık aşamalarında bulunurken, humus oluşumu soğutma ve olgunlaşma aşamalarında meydana gelir (Wu vd., 2017b). Mezofilik mikroorganizmalar, lignin enzimleri salgılayarak fenoller ve kinonlar gibi maddeler oluşturmak için lignini parçalar ve sonunda humus oluşturur (Zhu vd., 2021). Bu nedenle, sıcaklık ve mikroorganizmalar kompostlaşma için gerekli en önemli parametrelerdir (Şekil 5). Yaygın mezofilik mikroorganizmalar; *Pseudomonas, Bacillus, Flavobacterium, Clostridium, Alternaria, Cladosporium, Aspergillus, Mucor, Humicola, Penicillium* ve *Streptomyces* vb.'dir. Bol miktarda besin kaynağının bulunması nedeniyle bu mikroplar hızla büyür ve kendi metabolizmaları ile ısı üretir ve yığının sıcaklığını kendi aktivitelerinin baskılandığı noktaya kadar yükseltir. Daha sonra birkaç termofilik mantar (*Aspergillus, Mucor, Chaetomium, Humicola, Absidia, Sporotrichum, Torula* (maya) ve *Thermoascus*), termofilik bakteri (*Bacillus* ve *Thermus*) ve birkaç aktinomiset (*Streptomyces, Micropolyspora, Thermoactinomyces ve Thermomonospora*) yığın sıcaklığını 65 ila 70°C veya daha yükseğe çıkarma sürecini sürdürür (Mehta vd., 2018).

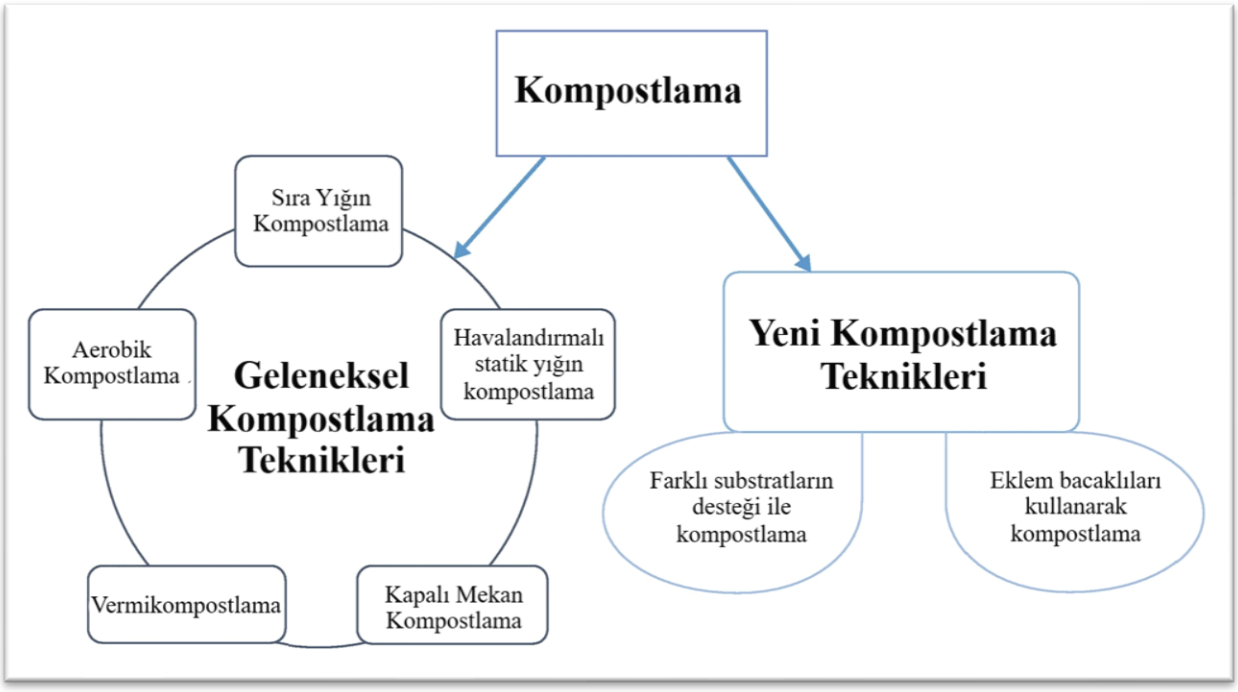
3. KOMPOSTLAMA TEKNİKLERİ

Kompostlama teknikleri “geleneksel kompostlama teknikleri” ve “yeni kompostlama teknikleri” olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır. Bu tekniklerin Şekil 6’da verilen alt kategorileri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 5. Kompostlaşma sırasında sıcaklık değişimi ile etkili mezofilik ve termofilik mikroorganizmaların faaliyet dönemleri (Ayilara vd. 2020).



Şekil 6. Kompostlama tekniklerinin sınıflandırılması (Mandpe vd., 2020)

3.1. Geleneksel Kompostlama Teknikleri

a. Sıralı yığın kompostlama

Bu sistemde, bitkisel atık yığınları belli genişlikte (1,5-2 m) ve yükseklikte (1,5-2 m), alanın izin verdiği uzunlukta hazırlanırlar. Bu sistemdeki atıklar iç kısımlarında mikroorganizma aktivitesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

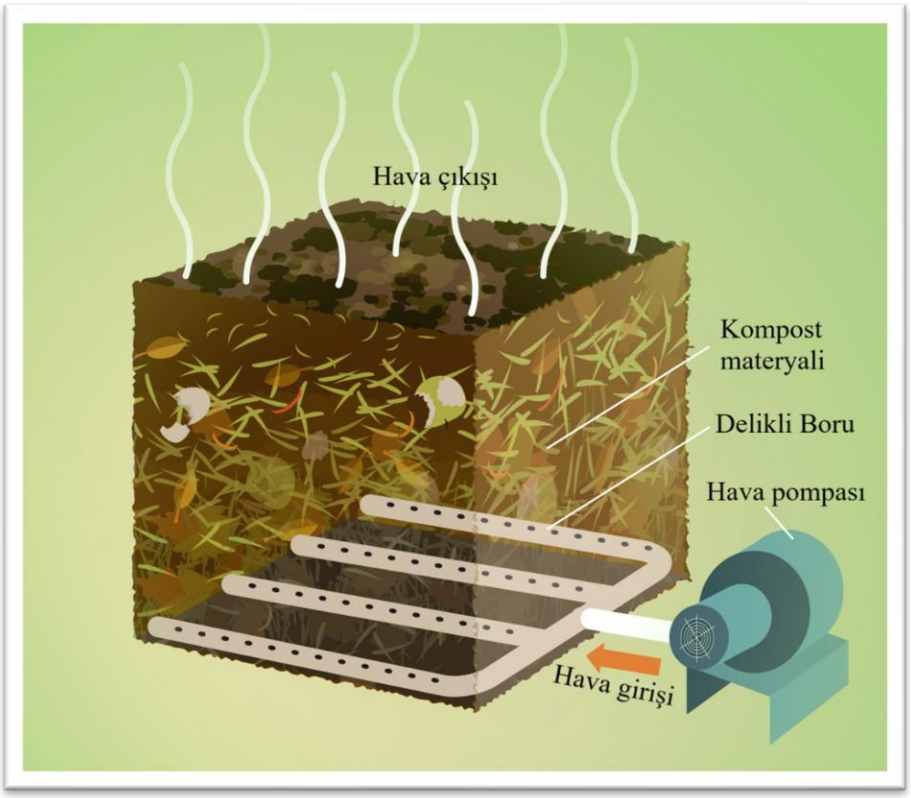
sonucu tükenen oksijenin geri kazandırılması için belli aralıklarla aktarılır ve termofilik mikroorganizmaların faaliyetlerini devam ettirmesi sağlanır. Atık yığınlarının aktarılması ve karıştırılması, kompostun sıcaklığının düşmesini, oksijen seviyesinin artmasını ve parçalanmanın homojen olmasını sağlar (Kumar, 2011, Oshins vd., 2022). Yığın sistemlerinin periyodik olarak aktarılması ve karıştırılması için kullanılan çeşitli mekanik ekipmanlardan faydalanılır (Şekil 7). Bu ekipmanlar hem kısa sürede büyük miktarlarda materyali aktarabilir, hem de homojen karıştırma sağlayabilir (Hashim vd., 2024).



Şekil 7. Kompost aktarma ve karıştırma makinası (a) (Hashim vd., 2024), kompost karıştırılması (b) (Oshins vd., 2022)

b. Havalandırmalı statik yığın kompostlama

Havalandırmalı statik yığın kompostlama sisteminde, kompost yığın halinde bırakılır, herhangi bir karıştırma ya da aktarma işlemi yapılmaz. Yığın içerisindeki mikroorganizma faaliyete bağlı olarak azalan oksijen, yığının tabanında bulunan delikli borular vasıtası ile verilir (Şekil 8). Bitkisel atıklar 30-35 gün boyunca herhangi bir fiziksel aktivite olmadan ayrışırlar (Zouitina vd., 2019). Eğer oksijen yetersizliği olursa termofilik bakteriler çalışamaz ve istenilen sıcaklık değerleri elde edilemez (Calix vd., 2022). Bu atık yığınları açık (Şekil 9a), kapalı, yarı kapalı (Şekil 9b,c) tipte olabilirler. Havalandırma oranı, bu tür kompostlama sistemindeki en kritik faktörlerden biridir. Yığın içerisinde homojen olmayan havalandırma, atık yığınının içinde sıcaklık farklılıklarına neden olur. Bu da parçalanmanın homojenitesini bozar (Hubbe vd., 2010).



Şekil 8. Havalandırmalı statik yığın kompostlama sisteminin şematik görünümü (Calix vd., 2022).



Şekil 9. Havalandırmalı statik yığın kompostlama sisteminde açık (a) (Anonim 2024b), yarı açık (b) (Anonim 2024c) ve yarı açık bunker sistemi (c) (Anonim 2024d).

c. Solucan gübresi (vermikompost) yapımı

Solucan gübresi üretimi süreci, yarı ayrışmış biyolojik olarak parçalanabilir atıkların parçalanması için farklı türlerdeki solucanların kullanılmasını kapsar. Solucanlar besin elde etmek için organik parçacıkları ve yerleşik mikroorganizmaları yutarlar ve sindirim sistemlerinden organik madde olarak çıkarırlar. Bu ürüne solucan gübresi ya da vermikompost denir (Rynk vd. 2022). Solucanların her gün vücut kütlelerinin beş katına kadar organik madde tüketebildikleri bulunmuştur (Zouitina vd., 2019). Solucan gübresi üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılan solucan türleri *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae* ve *Eisenia foetida'dır* (Wonnapinij vd., 2022). Vermikompost üretimi termofilik kompostlamadan farklıdır. Burada daha düşük, mezofilik sıcaklıklarda gerçekleşen bir süreç vardır. Solucan gübresi solucanları yaklaşık 15-28°C aralığındaki sıcaklıklarda gelişir ve 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklara

dayanamazlar. Sıcaklıklar, sığ sıralar, yataklar ve kutular kullanılarak ve solucanların ihtiyaç duyduğu şekilde hammaddeler kademeli olarak eklenerek düşük tutulur. Yüksek sıcaklıkların olmaması, solucan gübresinin ısıyla dezenfekte edilmediği anlamına gelir. Ancak patojen sayıları, solucanların sindirimi ve rekabet eden diğer mikroorganizmalar tarafından büyük ölçüde azaltılır (Sawati ve Hait, 2018). Solucanlar gıda artıklarını, hayvan gübrelerini, ürün atıklarını, kağıt ürünlerini, endüstriyel organik yan ürünleri ve bira fabrikası atıklarını işleyebilir. Bununla beraber; sığır, domuz, at, keçi, lama, alpaka, koyun ve tavşan gübreleri, genellikle solucanlar tarafından iyi derecede kompostlanır. Tavuk gübresi, amonyak oranı çok yüksek olduğu için kullanılması pek uygun değildir (Rynk vd. 2022)

d. Aerobik kompostlama

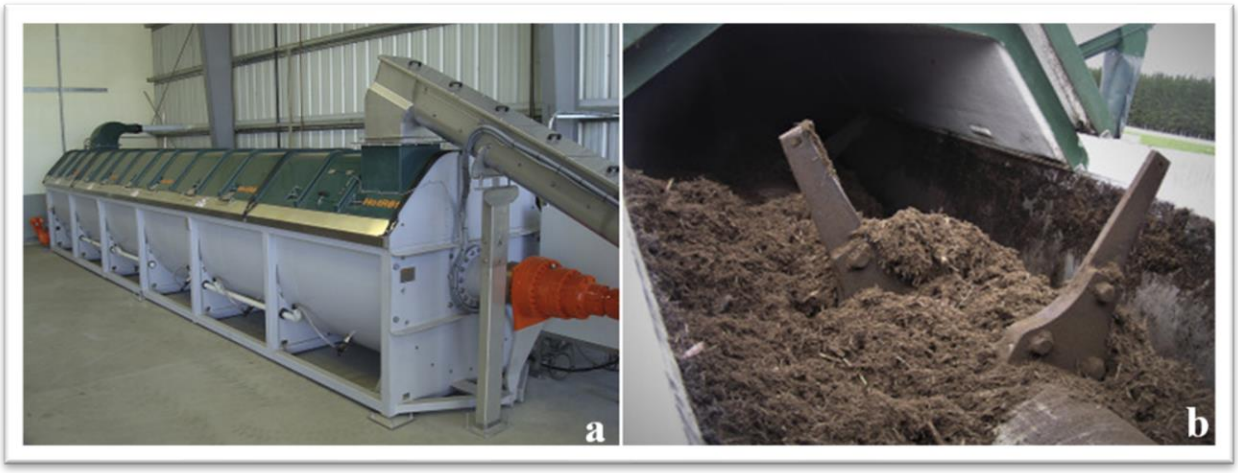
Aerobik kompostlama sistemi, belli boyutta oluşan bir yığının belirli bir sıcaklık, pH aralığında ve oksijen varlığında gerçekleşen kompostlaşma işlemidir. Doğada, aerobik ayrışma süreci için en yaygın alan, hayvan ve bitki kalıntılarının ölü ve çürümüş materyalinin maksimum miktarda olduğu ve nispeten kararlı organik maddeye dönüştürülebildiği ormandır ve yeterli miktarda oksijenin varlığı nedeniyle bu tür ayrışmada koku yoğunlaşması olmaz (Mehta vd., 2018).

e. Kapalı sistem kompostlama

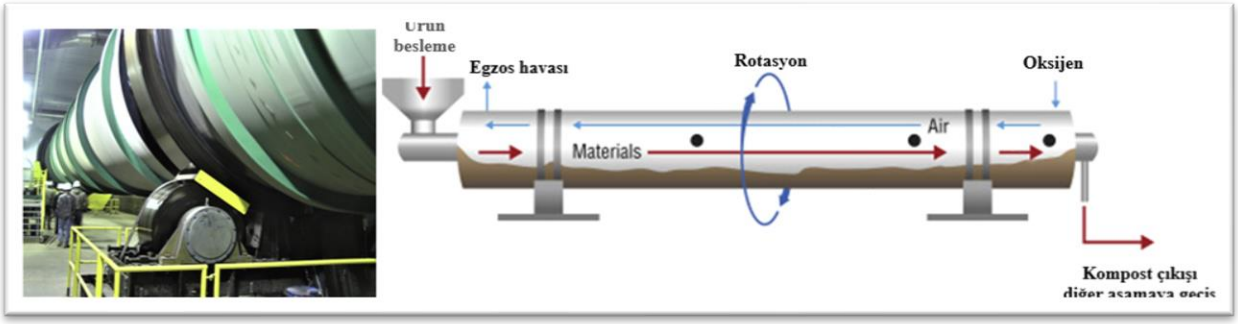
Bu yöntem; kapalı bir sistem yada yapı içerisinde, organik atığın kontrollü koşullarda ayrıştırılmasını içerir (Manyapu vd., 2017). Farklı tipleri bulunmaktadır. Bunlar: 1) Kapalı bunker sistemi benzeri, kapalı yapılarda havalandırmalı, karıştırma yapmadan yapılan üretim sistemi (Şekil 10), 2) İçten karıştırıcı bıçakları bulunan sistemler (Şekil 11), 3)Tamburlu sistemler, komple dönen tamburlar (Şekil 12). Genellikle bu sistemlerde otomatik sıcaklık, nem ve oksijen kontrolü ve müdahalesi yapılmaktadır. Bu sistemlerde koku, sinek ya da görsel kirlilik sorunu olmamaktadır.



Şekil 10. Zorlanmış havalandırmalı kapalı konteyner içi kompost sistemi (Anonim 2024e)



Şekil 11. Tam kontrollü, içten karıştırmalı kompost bioreaktörü (Michel vd., 2022)



Şekil 12. Rotorlu kompos makinası (Michel vd., 2022)

3.2. Yeni Kompostlama Teknikleri

Geleneksel kompostlama uygulamalarıyla ilişkili sorunların üstesinden gelmek ve kompostlama sisteminin verimliliğini artırmak için, dünya çapında farklı araştırmacılar ve çevreciler biyolojik olarak parçalanabilir atıkların etkili kompostlanması için çeşitli yaklaşımlar geliştirmeye çalışmaktadır.

a. Farklı atık substratlarının desteği ile kompostlanması

Bu, iki farklı atık substratının karıştırılıp kompostlama aktivitesini artırmak için uygulandığı bir tekniktir. Çeşitli araştırmacılar, benzersiz özellikleri nedeniyle gıda atıklarını diğer atık substratlarıyla ortak kompostlama için bir substrat olarak kullanmışlardır. Gıda atıklarının ortak kompostlanmasının uygulanması, gıda atıklarının işlenmesi için en iyi çözüm olduğunu kanıtlayabilir. Gıda atığı, uygun karbon/azot (C/N) oranını, boşlukları, nemi ve azot içeriğini korumak için kıyılmış saman, pirinç kabukları, odun yongaları, buğday samanı, pirinç kepeği, talaş ve diğer benzer biyolojik olarak parçalanabilir atıklar gibi diğer atık substratlarıyla karıştırılabilir (Kumar vd., 2018).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

b. Eklembacaklıları kullanarak kompostlama

Son yıllarda, biyolojik olarak parçalanabilir atıkların verimli bir şekilde kompostlanması için yeni bir teknik olarak, kompostlama sürecinde çeşitli eklembacaklılar kullanılmaktadır. Birçok böcek türü, bitkisel kökenli atıkların yeniden işlenmesi ve dönüştürülmesinde verimli bir şekilde kullanılmaktadır (Kumar vd., 2018). Kırkayaklar ve kara sinek larvaları gibi eklembacaklılar, organik atıkların kompostlanması için başarıyla kullanılabilmektedir (Diener vd. 2015, Karthigeyan ve Alagesan 21011).

Tüm kompostlama yöntemlerinin kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Çizelge 2'de bu farklılıklar özetlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı kompostlama sistemleri arasındaki farklılıklar (Zouitina vd. 2019)

Kompostlama yöntemi	Avantajları	Sınırlamalar
Sıralı yığın Kompostlama	Süre: 12–20 hafta Maliyet: Orta	Yavaş süreç Düşük rahatsızlık kontrolü Geniş alan gerektirir
Havalandırmalı Statik Yığın Kompostlama	Süre: 10–13 hafta Maliyet: Düşük	Yavaş süreç Düşük rahatsızlık kontrolü Geniş alan gerektirir
Kapalı bioreaktör kompostlama	Hızlı kompostlama süreci Daha iyi rahatsızlık kontrolü	Yüksek sermaye ve işletme maliyeti
Konteyner tipi kapalı kompostlama	Hızlı kompostlama süreci Daha iyi rahatsızlık kontrolü	Yüksek maliyet

4. KOMPOSTLAMA SÜRECİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kompostlama sürecinin hızlandırılması ve optimizasyonu için bazı temel parametrelerin ayarlanması gerekmektedir. Bu şartlar Çizelge 3'de özetlenmiştir.

5. KOMPOST KALİTE PARAMETRELERİ

Üretilen kompostun kalitesini tanımlamak oldukça zordur. Çünkü kompostun kararlı ve kullanıldığında bitkilere zarar vermemesi gerekmektedir. Kompostun kalitesini tanımlamak için iki ayrı yaklaşım bulunmaktadır:

1. Kompostlamanın sonunda başlangıçtaki kararsız organik maddenin kararlı bir organik maddeye dönüşmesi,
2. Kompostun kullanımından dolayı bitkilere verilen zararın olmamasıdır (Azim vd., 2018)

Çizelge 3. Optimum kompost özellikleri (Zouitina vd., 2019)

Kompostlanmış atıkların başlıca parametreleri	**Hızlı kompostlama için optimum özellikler**
C/N oranı	25-30
pH	6.5-8
Oksijen konsantrasyonu %	>%5
Parçacık boyutu (çap, mm)	Değişir
Nem içeriği %	%50-60
Elektriksel iletkenlik (mS/cm)	3-10
Sıcaklık °C	55-60

6. KAYNAKÇA

Anonim (2024a). Backyard Composting. https://www.alexandriava.gov/waste/backyard-composting-0. Erişim tarihi: 15/12/2024.

Anonim (2024b). Aquatic aeration solutions. https://aquatic-aeration-solutions.com/compostaeration.html. Erişim tarihi: 10/12/2024.

Anonim (2024c). Aerated static pile composting featuring trench style floors and biofilter. https://compostsystems.com/case-studies/howard-county-composting/. Erişim tarihi: 10/12/2024.

Anonim (2024d). Composting Tunnels and Bunkers. https://www.growingdesignslimited.co.uk/bespoke-composting-bunkers-in-the-uk/. Erişim tarihi: 10/12/2024.

Anonim (2024e). https://wikiwaste.org.uk/index.php?curid=1652. Erişim tarihi: 10/12/2024.

Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, *12*(11), 4456.

Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic agriculture*, *8*, 141-158.

Azis, F. A., Rijal, M., Suhaimi, H., & Abas, P. E. (2022). Patent landscape of composting technology: A review. *Inventions*, *7*(2), 38.

Calix, J. F. M., Adhikari, A., Timmerman, A., Dunaway, C. R., Hammett, B., Kuehny, J. S., Willis, J. (2022) Composting Series: Building an Aerated Static Compost Pile. https://www.lsuagcenter.com/articles/page1651065710319 Pub. 3838-B (Online Only) 04/22

Chen, L., de Haro Marti, M., Moore, A., & Falen, C. (2011). The composting process. *Dairy Manure Compost Production and Use in Idaho*, *2*, 513-532.

Chen, L., Chen, Y., Li, Y., Liu, Y., Jiang, H., Li, H., ... & Zou, B. (2023). Improving the humification by additives during composting: A review. *Waste management*, *158*, 93-106.

Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, Hermetia illucens and effects on its life cycle. *Journal of insects as food and feed*, *1*(4), 261-270.

Gao, X., Tan, W., Zhao, Y., Wu, J., Sun, Q., Qi, H., ... & Wei, Z. (2019). Diversity in the mechanisms of humin formation during composting with different materials. *Environmental science & technology*, *53*(7), 3653-3662.

Hashim, S., Bashir, R., Khan, A. A., Mirani, A. A., Shoaib, M., Razzaq, A., ... & Munir, F. (2024). Performance Evaluation of Compost of Windrow Turner Machine Using Agriculture Waste Materials. *Sustainability*, *16*(17), 7779.

Howarth, R. W. (2014). A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas. *Energy Science & Engineering*, *2*(2), 47-60.

Hubbe, M. A., Nazhad, M., & Sanchez, C. (2010). Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: a review.

Karthigeyan, M., & Alagesan, P. (2011). Millipede composting: a novel method for organic waste recycling. *Recent Research in Science and Technology*, *3*(9).

Kök, F. (2021). Organik atıkların yönetimi, geri dönüşümü ve uygulamaları. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, *4*(2), 99-108.)

Kharola, S., Ram, M., Goyal, N., Mangla, S. K., Nautiyal, O. P., Rawat, A., ... & Pant, D. (2022). Barriers to organic waste management in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *362*, 132282.

Kumar, S. (2011). Composting of municipal solid waste. *Critical reviews in biotechnology*, *31*(2), 112-136.

Kumar, S., Negi, S., Mandpe, A., Singh, R. V., & Hussain, A. (2018). Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes-A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, *227*, 189-199.

Mandpe, A., Kumari, S., & Kumar, S. (2020). Composting: a sustainable route for processing of biodegradable waste in India. *Organic waste composting through nexus thinking: practices, policies, and trends*, 39-60.

Manyapu, V., Mandpe, A., & Kumar, S. (2018). Synergistic effect of fly ash in in-vessel composting of biomass and kitchen waste. *Bioresource Technology*, *251*, 114-120.

Mehta, C. M., & Kanak Sirari, K. S. (2018). Comparative study of aerobic and anaerobic composting for better understanding of organic waste management: a mini review.

Michel, F., O'Neill, T., Rynk, R., Bryant-Brown, M., Calvez, V., Li, J., & Paul, J. (2022). Contained and in-vessel composting methods and methods summary. In *The Composting Handbook* (pp. 271-305). Academic Press.

O'Neill, A. (2024) Share of the world's population living in urban or rural areas 1960-2023. https://www.statista.com/statistics/1262483/global-urban-rural-population/. Erişim tarihi: 20/12/2024.

Oshins, C., Michel, F., Louis, P., Richard, T. L., & Rynk, R. (2022). The composting process. In *The composting handbook* (pp. 51-101). Academic Press.

Pathak H, Jain N, Bhatia A, Kumar A, Chatterjee D (2016) Improved nitrogen management: a key to climate change adaptation and mitigation. Ind J Fertil 12(11):151–162

Qi, H., Zhao, Y., Zhao, X., Yang, T., Dang, Q., Wu, J., ... & Wei, Z. (2020). Effect of manganese dioxide on the formation of humin during different agricultural organic wastes compostable environments: It is meaningful carbon sequestration. *Bioresource technology*, *299*, 122596.

Rynk, R., Cooperband, L., Oshins, C., Wescott, H., Bonhotal, J., Schwarz, M., ... & Brown, S. (2022). Why compost?. In *The composting handbook* (pp. 1-26). Academic Press.

Sharma, M., Joshi, S., Kannan, D., Govindan, K., Singh, R., & Purohit, H. C. (2020). Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context. *Journal of Cleaner Production*, *270*, 122047

Swati, A., & Hait, S. (2018). A comprehensive review of the fate of pathogens during vermicomposting of organic wastes. *Journal of environmental quality*, *47*(1), 16-29.

TUİK, (2022) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2022. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%202021%20y%C4%B1l%C4%B1nda%20%93,6%2C6'ya%20d%C3%BC%C5%9Ft%C3%BC. Erişim Tarihi: 20/12/2024.

Wonnapinij, P., Sriboonlert, A., & Surat, W. (2022). Exploration of microbial communities in the guts and casts of Eudrilus eugeniae, Perionyx excavatus, and Eisenia fetida. *Folia Microbiologica*, *67*(2), 329-337.

Worldometer, (2024) https://www.worldometers.info/world-population/ Erişim tarihi: 20/12/2024.

Wu, J., Zhao, Y., Qi, H., Zhao, X., Yang, T., Du, Y., ... & Wei, Z. (2017a). Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. *Bioresource technology*, *244*, 1193-1196.

Wu, J., Zhao, Y., Zhao, W., Yang, T., Zhang, X., Xie, X., ... & Wei, Z. (2017b). Effect of precursors combined with bacteria communities on the formation of humic substances during different materials composting. *Bioresource technology*, *226*, 191-199.

Yang B, Xiong Z, Wang J, Xu X, Huang Q, Shen Q (2015) Mitigating net global warming potential and greenhouse gas intensities by substituting chemical nitrogen fertilizers with organic fertilization strategies in rice–wheat annual rotation systems in China: a 3-year field experiment. Ecol Eng 81:289–297

Yin, J., Xie, M., Yu, X., Feng, H., Wang, M., Zhang, Y., & Chen, T. (2023). A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution*, 123125.

Zhang, L., & Sun, X. (2017). Addition of fish pond sediment and rock phosphate enhances the composting of green waste. *Bioresource technology*, *233*, 116-126.

Zhang, C., Xu, Y., Zhao, M., Rong, H., & Zhang, K. (2018). Influence of inoculating white-rot fungi on organic matter transformations and mobility of heavy metals in sewage sludge based composting. *Journal of hazardous materials*, *344*, 163-168.

Zhu, N., Zhu, Y., Kan, Z., Li, B., Cao, Y., & Jin, H. (2021). Effects of two-stage microbial inoculation on organic carbon turnover and fungal community succession during co-composting of cattle manure and rice straw. *Bioresource technology*, *341*, 125842.

Zouitina, M., Echarrafi, K., El Hassani, I., & El Haji, M. (2019). Optimization of Solid Waste Composting: A Literature Review and Perspective for Fast Composting. *Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development (AI2SD'2018) Vol 3: Advanced Intelligent Systems Applied to Environment*, 73-83.

MİKRO YEŞİLLİK NEDİR? ÜRETİMİ VE İNSAN BESLENMESİNDEKİ YERİ

Prof.Dr.Mehmet Ufuk KASIM[4]
Kocaeli Üniversitesi
mukasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2976-7320

Prof.Dr.Rezzan KASIM
Kocaeli Üniversitesi
rkasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-2279-4767

ÖZET

Mikro yeşillikler, bazı tahıl, sebze ve süs bitkilerine ait tohumların çimlendikten sonra kotiledon yapraklarını tam olarak geliştirdiği, bir ya da iki gerçek yaprağını kısmen oluşturdukları dönemde hasat edilen ürünlere verilen isimdir. Son 10-20 yıl içerisinde önem kazanmış olan bu ürünler, ülkemizde de son yıllarda gastronomi alanında kendisine yer edinmeye başlamıştır. Mutfak ve yemek servis alanında, çok çeşitli yemekleri süslemek için yenilebilir bir garnitür veya yeni bir salata malzemesi olarak servis edilmektedir. Üretimin, 2-5 hafta gibi kısa bir sürede tamamlanması, üretim yerlerine bağlı olarak yıl boyu üretim yapılabilmesi de büyük avantaj sağlamaktadır. Açık üretim alanlarında ya da seralarda üretim yapılabilmesi yanı sıra tam kontrollü bitki fabrikalarında da üretilmesi verim ve performansını en üst seviyeye getirebilmektedir. Mikro yeşilliklere talebin hızla artmasının en önemli nedeni, insan beslenmedeki faydalarının belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Mikro yeşilliklerin besin içeriklerinin, aynı bitkilerin normal tüketilen kısımlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle sindirilebilme seviyelerinin yüksek olması besin alınımını kolaylaştırmaktadır. Besin alımına ek olarak, insan bünyesinin bazı işlevlerini iyileştirebilen ve/veya hastalık riskini azaltabilen biyoaktif bileşikler sağlayabilirler. Vitamin (C, E ve K) ve karotenoid (β-karoten, lutein ve zeaksantin) içerikleri üzerine yapılan çalışmalarda, standart ticari olgunlaşma aşamasında hasat edilen normal sebzelerle karşılaştırıldığında mikro yeşilliklerin on kat daha fazla antioksidan bileşik içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Mikro yeşilliklerin ortalama altı kat daha yüksek C vitamini, 400 kat daha yüksek E vitamini ve 60 kat daha yüksek K vitamini içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmada mikro yeşilliklerin tanımı, üretim yöntemleri ve besin değerleri hakkında bilgiler verilecektir.

Anahtar Kelimeler : Mikro yeşillik, üretim, besin içerikleri.

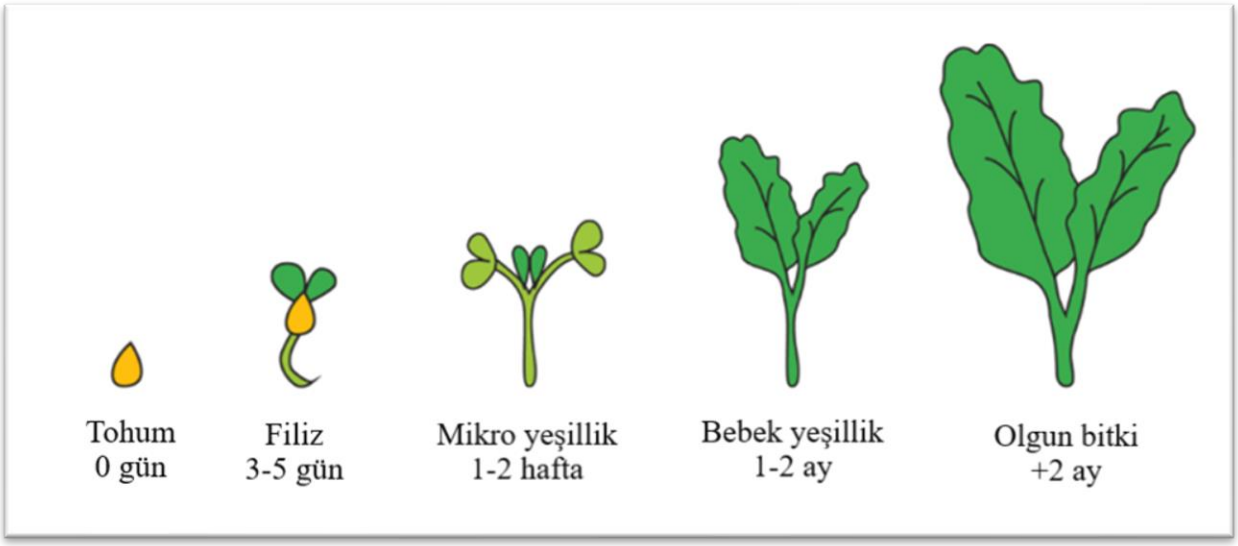
1. GİRİŞ

[4] Sorumlu yazar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Her geçen gün insan beslenmesinde farklı yaklaşımlar oluşmaktadır. Bu yeni yaklaşımların tamamı daha iyi ve daha sağlıklı beslenmeyi hedeflemektedir. Yoğun iş yaşamı, şehirleşme ve stresli yaşam koşulları insanların beslenme alışkanlıklarını da değiştirmektedir. Bu nedenlerden dolayı insanlar daha yoğun içerikli besinlere yönelmeye başlamıştır. Bu yoğun besin kavramından kasıt, içeriğinde daha fazla vitamin, mineral, antioksidan madde bulundurmasıdır (Galaverna vd., 2008). Özellikle yoğun yaşamın getirdiği düşük bağışıklık sorununun artırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda çok sayıda firmanın piyasaya sürmüş olduğu onlarca gıda takviyesi ya da ilaç bulunmaktadır. Kimyasal yöntemlerle hazırlanan bu ürünlerin sürekli kullanımı fizyolojik sorunlara neden olabilmektedir. Bu nedenle sentetik olan bu ürünlerin doğal alternatiflerinin tüketilmesi önem kazanmaktadır (Yavaşer, 2011).

Bu kapsamda, kullanılabilecek ürünlerden biriside mikro yeşillikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikro yeşillikler, tam gelişmiş kotiledon yaprağı, tam gelişmemiş gerçek yaprak ve merkezi bir gövdeye sahip küçük bitkiler olarak tanımlanır (Zhang vd., 2020). Diğer bir ifade ile çimlenmenin ardından ilk gerçek yaprak oluşmaya başladığı bitki dönemi olarak kabul edilir. Mikro yeşilliklerin son 10-15 yıl içerisinde mutfak kültüründe ve restoranlarda popülerlik kazanmıştır (Xiao vd., 2012, Di Gioia vd., 2021, Katsenios vd., 2021, Pinto vd., 2015, Mir vd., 2017). Mikro yeşillik ile zaman zaman mikro filiz ve bebek bitki kavramları karışmaktadır. Karanlık bir ortamda tohumun çimlendirilerek sadece sürgün oluşturması, kotiledonların oluşma aşamasında hasat edilen ürünlere "mikro filiz" denilmektedir. Genellikle bunlarda pigment sentezi ışık olmadığı için görülmemektedir (Ebert, 2022). Mikro yeşillikler ise çimlenmeden sonra ışıklı ortamda yetiştirilen kotiledon yaprakları ve yeni oluşmuş gerçeği bulunan bitkileri tanımlar (Riggio vd., 2019, Verlinden, 2020) Mikro yeşilliklerin kısa bir süre daha büyütülmesi sonucunda oluşan, yetişmiş iki gerçek yaprağı bulunan bitkilere de "bebek yeşillik" adı verilmektedir (Di Gioia vd., 2017) (Şekil 1). Bu üç bitki grubunun birbirinden farklılıkları Çizelge 1'de açıklanmıştır.



Şekil 1 Filiz, mikro yeşillik, bebek yeşillik ve olgun gitki farklılıkları (Anonim, 2023).

2. HER BİTKİDEN MİKRO YEŞİLLİK ÜRETİLEBİLİR Mİ?

Mikro yeşillikler üretmek için en yaygın olarak kullanılan sebze türleri, aralarında Brassicaceae (örneğin karnabahar, brokoli, lahana, Çin lahanası, kara lahana, Savoy lahanası, rappini veya brassica raab, su teresi, mizuna, turp, roka, hardal ve tatsoi), Asteraceae (örneğin marul, hindiba, hindiba, kırmızı kıvırcık), Apiaceae (dereotu, havuç, rezene, kereviz), Amaryllidaceae (sarımsak, soğan, pırasa), Amaranthaceae (amaranth, kırmızı orach, İsviçre pazısı, pancar, ıspanak) ve Cucurbitaceae'nin (kavun, salatalık, kabak) bulunduğu birkaç familyaya aittir. Mikro yeşillikler üretmek için yaygın olarak kullanılan diğer otsu türler arasında tahıllar (yulaf, yumuşak buğday, sert buğday, mısır, arpa, pirinç), kinoa (genellikle tahıllara benzetilir ancak Amaranthaceae familyasına aittir), baklagiller (nohut, yonca, fasulye, yeşil fasulye, çemen otu, bakla, mercimek, bezelye, yonca), yağlı bitkiler (ayçiçeği) ve hatta keten gibi lifli bitkiler ve fesleğen, frenk soğanı, kişniş ve kimyon gibi birçok aromatik tür bulunur (Di Gioia vd., 2015).

Çizelge 1. Filizler, mikro yeşillikler ve "küçük yapraklı" sebzeler arasındaki farklar (Di Gioia vd., 2017).

	Mikro filizler	**Mikro yeşillikler**	**Bebek yeşillikler**
	4–10 gün	**7–28 gün**	**20–40 gün**
Yenilebilir kısımları	Kökler dahil tüm filiz	Kotiledonlu sürgünler ve kökleri olmayan gerçek yaprakların ilk belirtileri	Köksüz gerçek yapraklar ve yaprak sapları
Büyüme sistemi	Topraksız: Yetiştirme ortamı kullanılmadan sadece su gereklidir	Çoğunlukla topraksız: yetiştirme ortamına ihtiyaç vardır	Topraklı veya topraksız: yetiştirme ortamı gereklidir
Büyüme ortamı	Işığa ihtiyaç duymaz	Işık gerektirir, kısmen karanlıkta yetiştirip ışığa alınabilir	Işık gerektirir
Besin gereksinimi	Gerekli değil	Büyüyen ortam besin maddesi sağlamıyorsa az miktarda gereklidir	Her zaman gerekli
Tarımsal kimyasalların kullanımı	Gerekli değil	Gerekli değil	Gerekli
Hasat sırasında bitkinin gelişim aşaması	Kotiledon yapraklarının tam olarak gelişmesinden önce	Kotiledonların tam gelişimi ile ilk gerçek yaprakların ortaya çıkması arasında	İlk gerçek yaprakların tam gelişimi ile sekiz gerçek yapraklı aşama arasında
Hasat	Kesmeden	İsteğe bağlı olarak keserek veya kesmeden	Keserek

Gerçekten de, yenilebilirliği iyi bilinen tüm türleri kullanmak mümkündür, ancak fideleri yenilebilir olmayan tüm yabani veya evcil türleri hariç tutmalısınız. Bunlar arasında örneğin

domates, biber ve patlıcan gibi Solanaceae familyasına ait türler fide aşamasında anti-besinler içerir ve bu nedenle yenilebilir olarak kabul edilemez. Bir türün yenilebilir olduğu değerlendirildikten sonra, ürün tüketici için tamamen kabul edilebilir ve çekici olmak için iyi bir lezzetliliğe de sahip olmalıdır. Lezzet, koku, doku ve renk aslında ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliği için temel özelliklerdir ve ticari düzeyde mikro yeşillik üreten şirketler her zaman çekici şekiller, parlak renkler, yeni ve özel lezzetlerle karakterize edilen yeni türler aramaktadır (Di Gioia vd., 2015). Görsel açıdan en belirgin kriter renktir. Renklerine göre mikro yeşilliklerin sınıflandırılması Çizelge 2'de verilmiştir.

3. İNSAN BESLENMESİNE KATKISI

Mikro yeşillikler, insan vücudunda antioksidan görevi gören karotenoidler ve fenolik bileşikler de dahil olmak üzere vitaminler (örneğin C vitamini), mineraller (örneğin bakır ve çinko) ve fitokimyasallar açısından zengindir (Zhang vd., 2021). Mikro yeşilliklerin orta ila iyi seviyede protein, diyet lifi ve temel element kaynakları olduğu bilinmektedir (Ghoora vd., 2020)

25 farklı türe ait mikro yeşillikteki vitamin (C, E ve K) ve karotenoid (β-karoten, lutein ve zeaksantin) konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışma, standart ticari olgunlaşma aşamasında hasat edilen normal sebzelerle karşılaştırıldığında mikro yeşilliklerin on kat daha fazla antioksidan bileşik içeriğine sahip olduğunu belirlenmiştir. (Xiao vd., 2012). Bu çalışmada, kırmızı lahanada, yukarıda belirtilen vitaminlerin mikro yeşilliklerdeki miktarları, aynı türün normal olgunlaşma aşamasında hasat edilen örnekleri için literatürde bildirilen miktarlarla karşılaştırıldığında, mikro yeşilliklerin ortalama altı kat daha yüksek C vitamini içeriğine (147'ye karşı 23,5 mg/100 g taze ürün), 400 kat daha yüksek E vitamini değerine (24,1'e karşı 0,06 mg/100 g taze ağırlık) ve 60 kat daha yüksek K vitamini içeriğine (2,4'e karşı 0,04 µg/g taze ağırlık) sahip olduğu görülmüştür (Xiao vd., 2012).

Brassica cinsine ait beş mikro yeşillik ürününde polifenol içerikleri ile ilgili yapılan bir çalışmada, başta kuersetin, kaempferol, siyanadin aglikonları ve kompleks hidroksisinnamik ve benzoik asitler olmak üzere 165 fenolik bileşik bulmuştur. Bu fenolik maddelerin, olgun bitki benzerlerine kıyasla daha karmaşık polifenol profilleri ve daha fazla polifenol çeşitliliği belirlenmiştir (Sun vd., 2013).

Yine *Brassicaceae* familyasından 30 türe ait mikro yeşilliklerde makro elementlerden K ve Ca ile mikro elementlerin Fe ve Zn bakımından oldukça zengin olduğu (Xiao vd., 2016); ayrıca orta ila mükemmel düzeyde askorbik asit, fillokinon, karotenoidler, tokoferoller, glukozinolatlar ve polifenol kaynakları olduğu bildirilmiştir (Xiao vd., 2019).

Çizelge 2 Renklerine göre gruplandırılmış bazı mikro yeşillik türleri (Di Gioia vd., 2015).

YEŞİL	KOYU KIRMIZI

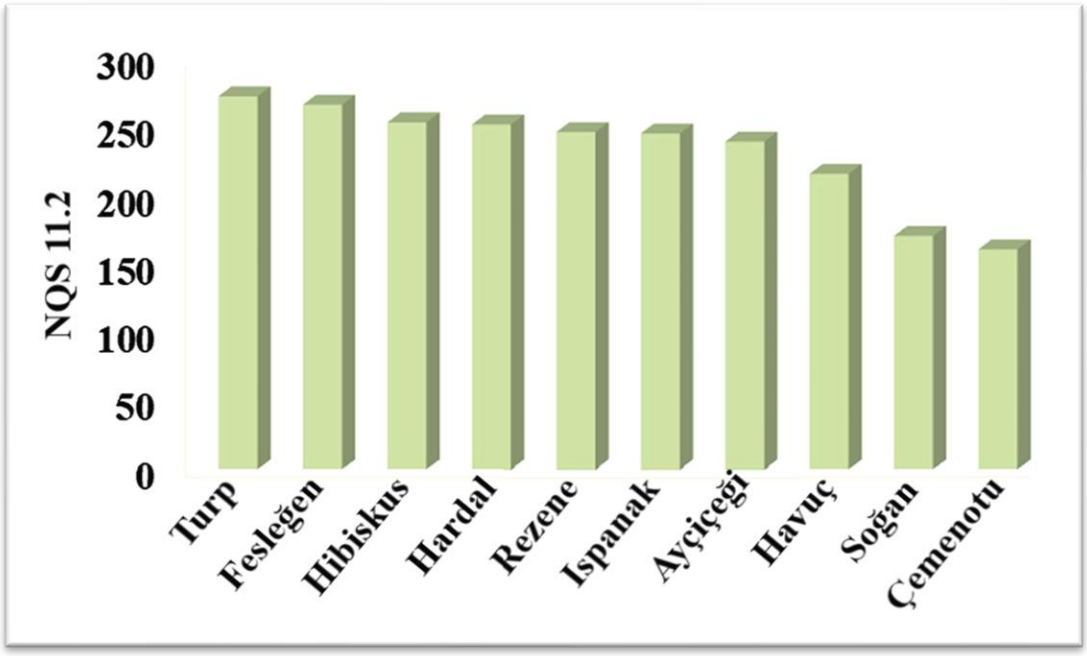
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Brokoli, turp, roka, kereviz, ıspanak	Kırmızı lahana, kırmızı fesleğen, turp
	
SARI Etiolize bezelye, etiolize mısır	**ÇOK RENKLİ** Pancar, kuzukulağı, hardal
	
KIRMIZI Kırmızı orach, amaranth, chenopodium	
	

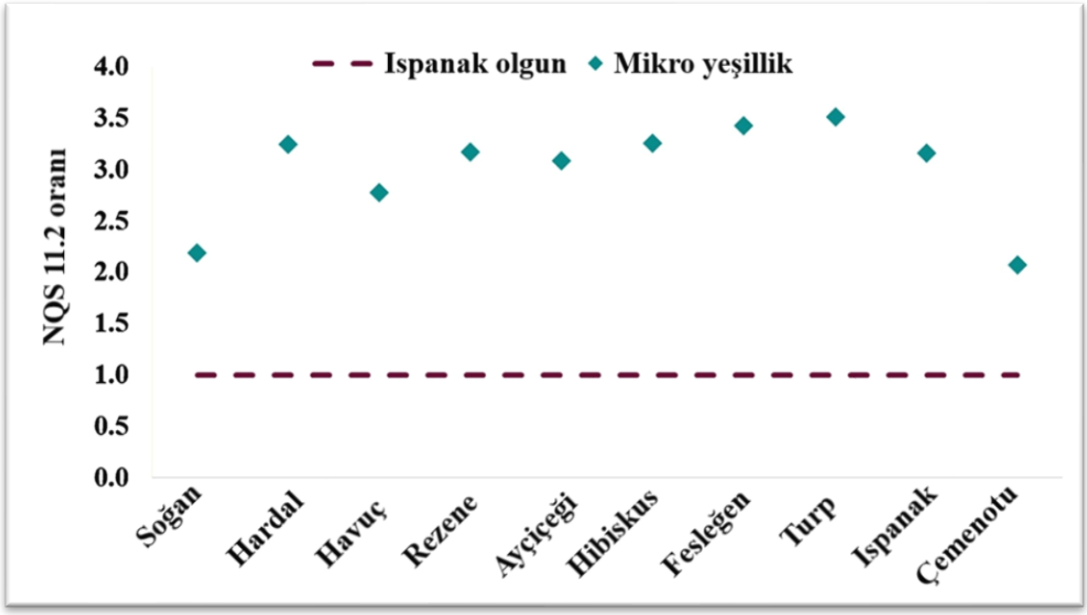
On farklı türdeki mikro yeşilliklerdeki besin içeriklerinin incelendiği bir çalışmada da, mikro yeşilliklerin askorbik asit, E vitamini ve beta-karoten (pro-vitamin A) için mükemmel kaynaklar olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, ilgili vitaminlerin günlük referans alımının askorbik asit için %28-116'sını, E vitamin için %28-332'sini ve beta-karoten için %24-72'sini karşılamaktadır. Çalışma, mikro yeşilliklerde bir anti-besin olan oksalik asitin düşük seviyelerini ortaya koymuştur. Ayrıca besin maddesi kalite puanı (NQS 11.2) değerlendirmesine göre, turp mikro

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yeşilliklerinin en fazla besin yoğunluğuna sahip olduğu, ardından fesleğeni ve hibiscus mikro yeşilliklerinin geldiği bulunmuştur (Şekil 2). En az besin yoğunluğuna sahip mikro yeşillikler çemen otu ve soğan olduğu belirlenmiştir. NQS 11.2, tüm mikro yeşilliklerin benzer koşullar altında yetiştirilen ıspanak olgun yapraklarından 2-3,5 kat daha fazla besin yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 3) (Ghoora vd., 2020).



Şekil 2. On farklı türe ait besin maddesi kalite puanı (Ghoora vd., 2020)



Şekil 3. Tüm mikro yeşilliklerin benzer koşullar altında yetiştirilen ıspanak olgun yapraklarında göre besin maddesi kalite puanı katsayısı (Ghoora vd., 2020)

4. KAYNAKÇA

Anonim (2023). What are Baby Greens? https://greensbali.com/what-are-baby-greens/. Er,işim tarihi: 10/12/2024.

Di Gioia F, Leoni B, Santamaria P (2015) The selection of the species to grow. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Novel Fresh and Functional Food to Explore all the Value of Biodiversity, p: 25-40, Bari, Italy. ISBN: 978-88-909289-3-2.

Di Gioia, F., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C., & Rosskopf, E. N. (2021). Microgreens: from trendy vegetables to functional food and potential nutrition security resource. In *III International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics: Innovation and Advanced Technology for Circular Horticulture 1321* (pp. 235-242).

Di Gioia, F., Renna, M., & Santamaria, P. (2017). Sprouts, microgreens and "baby leaf" vegetables. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*, 403-432.

Ebert, A. W. (2022). Sprouts and microgreens—Novel food sources for healthy diets. *Plants*, *11*(4), 571.

Galaverna, G., Di Silvestro, G., Cassano, A., Sforza, S., Dossena, A., Drioli, E., & Marchelli, R. (2008). A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Food chemistry*, *106*(3), 1021-1030.

Ghoora, M. D., Babu, D. R., & Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, *91*, 103495.

Katsenios, N., Christopoulos, M. V., Kakabouki, I., Vlachakis, D., Kavvadias, V., & Efthimiadou, A. (2021). Effect of pulsed electromagnetic field on growth, physiology and postharvest quality of kale (Brassica oleracea), wheat (Triticum durum) and spinach (Spinacia oleracea) microgreens. *Agronomy*, *11*(7), 1364.

Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(12), 2730-2736.

Pinto, E., Almeida, A. A., Aguiar, A. A., & Ferreira, I. M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, *37*, 38-43.

Riggio, G. M., Wang, Q., Kniel, K. E., & Gibson, K. E. (2019). Microgreens-A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. *International journal of food microbiology*, *290*, 76-85.

Sun, J., Xiao, Z., Lin, L. Z., Lester, G. E., Wang, Q., Harnly, J. M., & Chen, P. (2013). Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n. *Journal of agricultural and food chemistry*, *61*(46), 10960-10970.

Verlinden, S. (2020). Microgreens: Definitions, product types, and production practices. *Horticultural reviews*, *47*, 85-124.

Xiao, Z., Codling, E. E., Luo, Y., Nou, X., Lester, G. E., & Wang, Q. (2016). Microgreens of

Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, *49*, 87-93.

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, *60*(31), 7644-7651.

Xiao, Z., Rausch, S. R., Luo, Y., Sun, J., Yu, L., Wang, Q., ... & Stommel, J. R. (2019). Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. *LWT*, *101*, 731-737.

Yavaşer, R. (2011). *Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması* (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Zhang, X., Bian, Z., Yuan, X., Chen, X., & Lu, C. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends in food science & technology*, *99*, 203-216.

Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., & Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, *1*(1), 58-66.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DETERMINATION OF THE PHYSICAL AND TEXTURAL PROPERTIES OF BREADS MADE WITH PURPLE WHEAT FLOUR

Asst. Prof., Hümeyra ÇETİN BABAOĞLU [1]
[1] Selçuk University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department,
humeyracetin@selcuk.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-9115-6470

ABSTRACT

This study aimed to determine the physical and textural properties of breads made with purple wheat flour (PF). Three different formulations were used: the control group (WB), produced with 100% white wheat flour (WF); bread samples produced with 50% W and 50% P (WPB); and bread samples produced with 100% P (PB). The addition of PF increased the water absorption and degree of softening of the flour while reducing its stability value. Looking at the extensogram results, it can be seen that energy, extensibility, and resistance to extension values decreased in the PF-added flour mixture and PF sample compared to the control sample. The lowest specific volume value (1.75 mL/g) was observed in the PB sample ($p<0.05$). The differences in moisture content among the bread samples were not statistically significant ($p>0.05$). While PF addition did not affect the a^* values of bread crusts, the lowest L^* (50.35) and b^* (26.33) values were determined in the PB sample ($p<0.05$). The differences in b^* values of bread crumbs were found to be statistically insignificant ($p>0.05$). The lowest L^* value (52.95) and the highest a^* value (7.06) of bread crumbs were observed in the PB sample ($p<0.05$). WPB and PB samples had larger pores compared to the control sample ($p<0.05$). The highest hardness (8620.84 g) and chewiness (3218.07 g.mm) values were observed in the PB sample ($p<0.05$). The differences in springiness and cohesiveness values among the bread samples were not statistically significant ($p>0.05$).

Key Words: Color, farinograph, spesific volume, hardness, pore area

1. INTRODUCTION

Bread, being a widely consumed food, can serve as a good carrier for daily recommended intake of protein, minerals, vitamins, and fibre. Bread provides 10–20% of the required daily calories, approximately 20% of simple and complex carbohydrates, around 20% of dietary fibre, and 11% of protein in the daily diet. White flour is obtained from grains that have been stripped of their husks, seed coats, and embryos (Valieva et al., 2024). While wheat flour is a fundamental ingredient for bread, it becomes nutritionally insufficient in certain aspects when the bran is removed. However, whole grains are not only a significant source of energy and protein in human nutrition but also make a substantial contribution to mineral and B vitamin intake. Additionally, whole grain flours are rich in dietary fibre, phenolic compounds, carotenoids and amino acids. Phenolic acids and flavonoids are the primary phenolic compounds found in cereals. These potent antioxidants are located in the pericarp, seed coat, and germ (Szöke-Trenyik et al., 2023; Valieva et al., 2024). Considering the health benefits of micronutrients, there is increasing interest in

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

colored grains with high carotenoid content and strong antioxidant effects. Wheat has various color variants, such as white, red, black, blue, purple, and yellow, and the concentrations of bioactive compounds in these variants differ (Szȍke-Trenyik et al., 2023). Liu et al. (2024) investigated the phenolic compound composition and antioxidant activities of purple, yellow, red, and white wheats in their study. They found that the wheat with the highest antioxidant activity was purple wheat, followed by red and yellow wheats. White wheat, on the other hand, had the lowest antioxidant activity. When they identified the major phenolic compounds in these wheats, they found that phenolic acids, flavones, and flavonols were present in all of them. Additionally, anthocyanins were only found in purple wheat. They reported that anthocyanins have significant antioxidant activity.

Triticum aethiopicum is an ancient tetraploid purple wheat. It originates from Ethiopia and was discovered near the Red Sea in 1872. It appears partially purple due to the anthocyanins, such as cyanidin-3-glucosides and peonidin-3-glucosides, present in its composition (Szȍke-Trenyik et al., 2023). The purple coloration of grains is controlled by two genes situated on distinct genomes; either A and B or A and D. These characteristics are exclusive to tetraploid and hexaploid wheat varieties and are absent in diploid types. Although purple wheat has a starch content similar to that of other commonly consumed wheat varieties, its protein content is higher, ranging from approximately 12-18%. However, when comparing wholegrain flours from common wheat, spelt wheat, and purple wheat, it has been reported that purple wheat flour has lower gluten quality. (Posadzka et al., 2024). The anthocyanin content of purple wheat wholegrain flour varies between 96–235 µg/g, depending on the variety and growing conditions. However, the bran contains approximately twice as much anthocyanin (430 µg/g) compared to the wholegrain flour (Gamel et al., 2019). Since the purple pigments are predominantly found in the pericarp layer, it is recommended to consume it as whole wheat flour to preserve these antioxidant-rich compounds. Phenolic compounds, in addition to their antioxidant effects, also possess anti-inflammatory, antimicrobial, and anticancer activities. Anthocyanins, which belong to the flavonoid group of phenolic compounds, are known to have effects such as reducing the risk of heart disease, lowering cholesterol, and improving insulin resistance by controlling blood glucose levels (Szȍke-Trenyik et al., 2023). Purple wheat is also a good source of iron and zinc (Posadzka et al., 2024).

Purple wheat, like other Ethiopian wheat varieties, can be grown in poor soils. In general, it has characteristics such as early maturation, disease resistance, poor tillering, and low yield (Badaeva et al., 2018). Due to its functional properties, purple wheat has recently gained popularity. It is believed that, with breeding efforts to improve yield and gluten quality while maintaining micronutrient content, purple wheat could become a good alternative for producing functional grain products, especially in recent years when drought has increased, both in our country and globally.

This study aims to determine the effects of purple wheat flour, which is noted for its functional properties and health benefits, on bread quality. Since purple wheat is a tetraploid wheat variety, like durum wheat, it is hypothesized that it may have a negative impact on the physical and textural properties of bread. Therefore, purple wheat flour was substituted for 50% of the white

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

wheat flour. The produced bread samples were compared in terms of physical and textural quality characteristics with white bread and bread samples made with 100% purple wheat flour.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Materials

The white wheat flour, purple wheat flour (Kappadokia Agriculture Food Ltd. Co., Kırşehir, Türkiye), salt, sugar, and instant yeast used in the study were purchased from local markets. The company from which the purple wheat flour was purchased reports that the wheat used for flour production is a hybrid of ancient Abyssinian wheat (Triticum aethiopicum) and emmer wheat (Triticum dicoccum).

2.2. Methods

2.2.1. Rheological analysis

The farinograph and extensograph values of the flour samples were determined according to AACC Standard Method No: 54-21 and No: 54-10, respectively (AACC, 2000).

2.2.2. Bread production

Bread production was carried out with three different formulations: 100% wheat flour (WB), 50% wheat flour and 50% purple wheat flour (WPB), and 100% purple wheat flour (PB). For bread preparation, 1.5% salt, 1% sugar, and 1% instant yeast were incorporated into wheat flour or flour blends. Water, as determined by the farinograph, was added, and the mixture was kneaded in a dough mixer for 12 minutes to form bread dough. The dough underwent bulk fermentation for 20 minutes, followed by a 10-minute intermediate fermentation in a fermentation chamber maintained at 30°C with 80% relative humidity. Subsequently, the dough was divided into equal portions, shaped, placed into molds, and allowed to undergo final fermentation for 30 minutes. After fermentation, the dough was taken out of the chamber and baked in an oven at 220°C for 14 minutes, with medium steam applied during the first minute. Figure 1 presents the bread samples.



Figure 1. The external appearance and crumb images of bread samples

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(from left to right: bread containing 100% white wheat flour (WB), bread containing 50% white wheat flour and 50% purple wheat flour (WPB), and bread containing 100% purple wheat flour (PB))

2.2.3. Bread analysis

2.2.3.1. Determination of moisture content and measurement of specific volume

The moisture content and specific volume of the bread samples were determined according to AACC Standard Method No. 44-01 and No:10-05.01, respectively (AACC, 2010).

2.2.3.2. Determination of color values of bread samples

The Hunter *L** (lightness), *a** (red-green spectrum), and *b** (yellow-blue spectrum) color parameters of the bread crust and crumb were evaluated using a Minolta CR-300 color measurement device (Konica Minolta, Japan), as described by Peressini and Sensidoni (2009).

2.2.3.3. Determination of the crumb pore structure of bread samples

The crumb pore structure was determined according to the method described by Çetin-Babaoğlu et al. (2023). After cooling at room temperature, the bread samples were sliced, and the slices were scanned using a flatbed scanner (HP LaserJet M1120 MFP, USA). The scanned images were processed with ImageJ software to analyze the pore size distribution in the bread crumb. Initially, pixel values were converted into distance units (cm). Next, the images were transformed into 8-bit grayscale format. A thresholding process was then applied to generate a mask, converting the image into a binary format and simplifying the data. Finally, particle analysis was conducted to assess parameters such as total pore count and pore area.

2.2.3.4. Texture profile analysis

The texture profile analysis of bread samples was conducted using a texture analyzer (TA-TX2i, Stable Micro System, Surrey, UK) following the method proposed by Bourne (1978). The analysis utilized a 30 mm diameter aluminum probe with a test speed of 1.7 mm/s. Bread samples, sliced to a thickness of 3 cm, were compressed to 50% of their original height, and the procedure was repeated with 10-second intervals between cycles. From the resulting force-time graph, parameters such as hardness (F), springiness (t2/t1), cohesiveness (A2/A1), and chewiness (hardness × springiness × cohesiveness) were calculated.

2.2.4. Statistical Analysis

The experiments were conducted in duplicate. All results, presented as the mean of at least three measurements, were analyzed using Minitab 16 software (Minitab Inc., USA) with one-way analysis of variance (ANOVA). Significant differences between group means were determined using Tukey's test at a significance level of $p<0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. The Rheological Characteristics of Flour Samples

The rheological characteristics of flour samples are presents in Table 1. Purple wheat flour increased the water absorption and degree of softening of white wheat flour while reducing its

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

stability value. Examining the extensogram values reveals that with the addition of purple wheat flour, the energy and extensibility values of white wheat flour decreased.

Table 1. The rheological properties of flour mixtures

		Flour Samples		
Characteristics		**WF (100%)**	**WF:PF (50%:50%)**	**PF (100%)**
Water absorption(%)		66.5	68.9	70.6
Dough development time (min)		9.3	9.2	9.5
Dough stability (min)		11.8	7.2	6.5
Degree of softening (BU)		61	88	98
Energy (cm^2)	45	112	69	50
	90	122	65	45
	135	102	59	44
Extensibility (mm)	45	170	125	86
	90	154	115	76
	135	133	112	81
Resistance to extension (BU)	45	320	363	376
	90	421	391	384
	135	441	360	358
Maximum resistance (BU)	45	503	382	407
	90	617	401	428
	135	603	367	400

WF: white wheat flour; WF:PF: a blend consisting of 50% white wheat flour and 50% purple wheat flour; PF: purple wheat flour.

Proteins are considered the most critical components in determining bread-making quality (Aussenac et al., 2001). Variations in dough strength and bread-making performance of wheat flours are largely attributed to differences in the quantity and quality of gluten proteins. Wheat gluten proteins are classified based on solubility into gliadins and glutenins. Glutenins, which are polymeric and soluble in weak acid or alkaline solutions, are divided into high molecular weight (HMW, 80–130 kDa) and low molecular weight (LMW, 35–80 kDa) glutenins via SDS-PAGE. Monomeric gliadins (30–75 kDa), soluble in dilute alcohol, are further categorized into four subgroups: sulfur-poor ω-gliadins and sulfur-rich γ-, β-, and α-gliadins with intra-chain disulfide bonds (Veraverbeke and Delcour, 2002; Yüksel et al., 2011). Glutenins primarily contribute to the elastic properties of dough, while gliadins affect its viscous and cohesive properties. Although tetraploid wheats have higher protein content, their gluten quality and gluten index are not as high as those of bread wheats. In tetraploid wheats, gliadins are the key proteins determining quality. For example, in durum wheats, γ-gliadin 42 and γ-gliadin 45 are crucial for gluten strength and pasta cooking quality. γ-Gliadin 45 is associated with optimal gluten strength and high cooking quality, whereas γ-gliadin 42 indicates weak gluten and lower cooking quality (Yüksel et al., 2011). For hexaploid wheats, the situation is different. Among various flour protein groups, the glutenin fraction is the most closely associated with bread-making quality. High molecular weight glutenin subunits (HMW-GS) and low molecular weight glutenin subunits (LMW-GS) form polymers with different molecular weights through interchain disulfide (S-S) bonds. During mixing, protein aggregates separate physically and/or break non-covalent or covalent bonds. However, during dough resting, the extractability of glutenin decreases as it undergoes repolymerization, increasing dough elasticity. This elasticity increase

reduces extensibility but enhances resistance to stretching (Aussenac et al., 2001). Changes and rearrangements in protein structure during mixing, resting, and even baking directly influence the rheological properties of dough as well as the physical and textural qualities of the bread. The difference in gluten fractions among flour samples partly explains the variation in their rheological properties.

Strong gluten is associated with high water absorption, long development time, long stability, and low softening degree. High stability and low softening degree indicate the dough's resistance to mechanical processing. The development time is influenced by gluten quality and the degree of starch damage (Köksel et al., 2023). In addition to the amount and quality of gluten, dietary fibre additions or the use of whole wheat flour also increase the water absorption of flour. Dietary fibre compounds interact more with water due to their hydroxyl groups, forming hydrogen bonds. This limits gluten hydration, potentially increasing water absorption and extending development time (Lauková et al., 2016). However, high gluten quality is also a factor that can lengthen development time. Therefore, the minimal difference in development times of the flour samples in this study might be related to the high gluten quality of the control flour and the high dietary fibre content of the purple wheat flour. Thus, the decrease in gluten concentration did not negatively affect development time due to the increase in dietary fibre. Bae et al. (2014) reported that bran, a source of dietary fibre, weakens dough gluten networks, leading to a decrease in stability and extensibility. However, in a study conducted by Köksel et al. (2023), the rheological properties of colored whole wheat flours were investigated. According to their results, the farinograph values of purple whole wheat flour were found to be better than those of white wheat flour. In this study, white wheat flour is refined flour with the bran removed, whereas purple wheat flour is whole-grain flour. Therefore, the results differ from those obtained in the study conducted by Köksel et al. (2023).

3.2. The Physical Characteristics of Bread Samples

The physical properties of the bread samples are presented in Table 2. The control bread exhibited the highest specific volume, while the PB sample demonstrated the lowest specific volume ($p<0.05$). Moisture content differences among the bread samples were statistically insignificant ($p>0.05$). Regarding crust color, the PB sample had the lowest L^* (brightness) and b^* ((-)blue - (+)yellow) values ($p<0.05$), while no significant differences were observed in a^* ((-)green - (+)red) values ($p>0.05$). In the crumb, a decrease in L^* value and an increase in a^* value were noted ($p<0.05$), with no significant change in b^* value ($p>0.05$). The number of pores per unit area, the total pore area per unit, and the average area of a pore were calculated for the bread samples. The results showed that the addition of PF increased the total pore area while reducing the number of pores ($p<0.05$), indicating the formation of a bread crumb structure with larger pores compared to the control bread.

Specific volume varies depending on the volume expansion of the dough during fermentation and the baking parameters (Packkia-Doss et al., 2019). Additionally, ingredients added to the flour also influence bread volume. In particular, dietary fibre additions are generally reported to reduce bread volume, as noted by Lauková et al. (2016). Bran in whole wheat flours is an important source of dietary fiber; however, it is known to have adverse effects on dough

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

processing and bread quality. The addition of bran leads to increased dough stickiness and bread weight. Furthermore, reductions in mixing and fermentation tolerances, decreases in specific volume, coarser crumb texture, darker crumb color, and reduced crumb softness are also among the negative impacts of bran on dough and bread properties. Bran both dilutes and weakens the gluten network. Additionally, it inhibits protein aggregation during mixing. Due to its high water-binding capacity, bran competes with proteins for water during mixing and subsequently releases the excess retained water during baking, accelerating starch gelatinization and causing a reduction in bread volume. Bran particles destabilize the interface of gas cells, limiting dough expansion. Moreover, rigid and solid bran particles may puncture these gas cells. Solid particles such as bran increase dough density and behave like additional loads in the suspension, thereby increasing the extensional and shear viscosities of the dough, which negatively impacts dough expansion (Le Bleis et al., 2015). Due to the bran content of whole purple wheat flour, a reduction in bread volume is an expected outcome. Furthermore, the weaker gluten quality of purple wheat compared to bread wheat is another reason for the lower specific volume and irregular crumb structure (Yüksel et al., 2011). The pore surface area in bread crumb is influenced by the homogeneity of the crumb structure, the expansion of gas cells during proofing, and the turnover of gas during mixing. The adverse effects of bran on the gluten network and gas cells also impact pore distribution and pore area (Packkia-Doss et al., 2019). In this study, since the comparison is made between refined white flour and purple whole wheat flour, the negative effects of bran on gluten have been clearly observed. However, Köksel et al. (2023) reported that whole wheat bread has a lower specific volume and a better pore structure compared to bread made with purple whole wheat flour.

Table 2. The physical characteristics of bread samples (moisture content, specific volume, colour properties, pore count and pore area)

		Bread Samples		
Characteristics		**WB**	**WPB**	**PB**
Specific volume (ml/g)		2.87 ± 0.04^{a}	2.39 ± 0.07^{b}	1.75 ± 0.02^{c}
Moisture (%)		41.21 ± 0.09^{a}	40.71 ± 0.25^{a}	41.77 ± 0.34^{a}
Crust	L^*	57.49 ± 1.56^{a}	55.03 ± 0.59^{ab}	50.35 ± 0.40^{b}
	a^*	14.44 ± 0.80^{a}	11.80 ± 0.87^{a}	10.44 ± 0.01^{a}
	b^*	32.59 ± 0.82^{a}	31.81 ± 0.03^{a}	26.33 ± 0.53^{b}
Crumb	L^*	76.77 ± 0.32^{a}	62.31 ± 1.88^{b}	52.95 ± 0.87^{c}
	a^*	-2.47 ± 0.13^{c}	4.87 ± 0.41^{b}	7.06 ± 0.08^{a}
	b^*	22.26 ± 0.11^{a}	23.00 ± 0.24^{a}	22.15 ± 0.42^{a}
Pore count/cm^2		18.50 ± 0.75^{a}	13.50 ± 0.50^{b}	11.38 ± 0.38^{b}
Total pore area/cm^2		0.43 ± 0.03^{a}	0.43 ± 0.01^{a}	0.45 ± 0.01^{a}
Unit pore area (cm^2)		0.02 ± 0.00^{b}	0.03 ± 0.00^{a}	0.04 ± 0.00^{a}

WB: bread sample produced with only white wheat flour (control sample); WPB: bread sample produced with the blend consisting of 50% wheat flour and 50% purple wheat flour; PB: bread sample produced with only purple wheat flour.
Superscript letters in the same line means statistical significance ($p<0.05$).
mean ± std error (p <0.05).

The color differences between the samples related to the color of purple wheat and is an expected outcome. In their study, Saini et al. (2021) reported that the L^*, a^*, and b^* values of purple wheat ranged between 41.83-47.65, 7.77-10.66, and 7.10-11.96, respectively. Similarly, Jiang et al. (2011) found the L^*, a^*, and b^* color values of white winter wheat to be 57.6, 1.7, and 21.1,

respectively. Additionally, the use of de-branned flour in this study was a factor that increased brightness, as wheat bran has a lower *L** value and higher *a** and *b** values compared to white flour. In the study conducted by Çetin-Babaoğlu (2021), the *L**, *a**, and *b** values for flour were found to be 94.10, -0.94, and 10.38, respectively, while these values for wheat bran were 68.49, 5.80, and 14.52, respectively. In this study, the use of white flour in the control sample and varying proportions of whole purple wheat flour in other samples influenced the color values due to the color pigments from purple wheat. Additionally, comparing bread made with bran-containing flour to bread made with white flour contributed to the observed color differences.

3.3. The Textural Properties of Bread Samples

The hardness, springiness, cohesiveness, and chewiness values of bread samples obtained from texture profile analysis are presented in Table 3. The addition of purple wheat flour increased the hardness and chewiness values of the bread samples ($p<0.05$). The highest hardness and chewiness values were observed in the PB sample ($p<0.05$).

Table 3. The textural properties of bread samples

	Bread Samples		
Characteristics	**WB**	**WPB**	**PB**
Hardness (g)	3649.98 ± 34.07^{c}	4210.89 ± 108.66^{b}	8620.84 ± 66.30^{a}
Springiness	0.94 ± 0.01^{a}	0.86 ± 0.05^{a}	0.82 ± 0.06^{a}
Cohesiveness	0.50 ± 0.02^{a}	0.55 ± 0.00^{a}	0.51 ± 0.00^{a}
Chewiness (g.mm)	1723.75 ± 100.17^{b}	2003.62 ± 159.04^{b}	3218.07 ± 166.54^{a}

WB: bread sample produced with only white wheat flour (control sample); WPB: bread sample produced with the blend consisting of 50% wheat flour and 50% purple wheat flour; PB: bread sample produced with only purple wheat flour.
Superscript letters in the same line means statistical significance ($p<0.05$).
mean ± std error (p <0.05).

The texture profile analysis of a food is based on the principle of objectively measuring the physical properties associated with deformation, disintegration, and flow of the food under the application of force, which are perceived through the sense of touch, using functions of force, time, and distance. However, measurements remain limited in terms of the properties that can be perceived through the mouth and hands. In fact, texture is a sensory attribute that is perceived, described, and quantitatively evaluated by humans and is inherently multi-parameter. In laboratory, the closest assessment of these properties can be achieved through texture profile analysis (Arendth et al., 2007). Among instrumental analysis methods, Texture Profile Analysis (TPA) is one of the most widely preferred techniques due to its broad applicability to solid and semi-solid foods. TPA demonstrates superior performance compared to other instrumental techniques, owing to its high accuracy and strong correlation with the reference method. TPA instruments simulate the chewing motion by mimicking the human mouth and exhibiting functional characteristics similar to the human jaw (Mabrouki et al., 2024). Hardness refers to the amount of stress needed to cause a certain level of deformation in a food material. Cohesiveness indicates the internal mechanical strength that holds the material's structure together. Springiness measures the duration it takes for the food to return to its original shape after deformation during unloading. Chewiness describes the transition of the sample from a chewable state to a swallowable one (Zhang et al., 2022). Due to its negative effects on gluten, bran can also adversely affect the texture of bread. The addition of whole wheat flour or dietary

fibre to bread reduces the specific volume, leading to a denser, firmer, and more compact crumb structure. This results in a decrease in crumb elasticity and cohesiveness, while increasing the hardness and chewiness values of the bread (Le Bleis et al., 2015). Therefore, it is expected that purple wheat flour, which is rich in bran and dietary fiber, will increase the hardness and chewiness values of the bread samples.

CONCLUSION

Purple wheat is an important wheat variety known for its beneficial effects on health. The anthocyanins it contains are highly valuable for human nutrition. Although it is not widely consumed in our country, its value is increasingly recognized through recent studies on colored wheat. Considering that wheat is the most commonly consumed cereal, we are becoming more aware of the need to use the healthiest forms of wheat. Although this study shows that some properties of bread samples were negatively affected when purple wheat was compared to white bread, it is important to note that the purple wheat flour used was in its whole wheat form. It is already known that whole wheat flours can negatively affect certain physical and textural properties compared to white flours. There is a need to increase efforts to promote the production and use of purple wheat flour. By substituting purple wheat flour for whole wheat flour, certain rheological and functional properties of flours can be enhanced. Additionally, functional baking products can be produced by incorporating purple whole wheat flour into the formulations.

REFERENCES

AACC, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, US, 2000.

AACC, International Approved Methods of Analysis St. Paul, MN, USA, 2010.

Aussenac, T., Carceller, J.C., Kleiber, D., Changes in SDS Solubility of Glutenin Polymers During Dough Mixing and Resting, Cereal Chemistry, 78(1), 39-45, 2001.

Arendth, E.K., Ryan, L.A.M., Dal Bello, F., Impact of sourdough on the texture of bread, Food Microbiology, 24(2), 165-174, 2007.

Badaeva, E.D., Shishkina, A.A., Goncharov, N.P., Zuev, E.V., Lysenko, N.S., Mitrofanova, O.P., Dragovich, A.Y., Kudriavtsev, A.M., Evolution of *Triticum aethiopicum* Jakubz. from the Position of Chromosome Analysis, Russian Journal of Genetics, 54(6), 629-642, 2018.

Bae, W., Lee, B., Hou, G.G., Lee, S., Physicochemical characterization of whole-grain wheat flour in a frozen dough system for bake off technology, Journal of Cereal Science, 60(3), 520-525, 2014.

Bourne, M.C. Texture profile analysis, Food Technology, 32(7), 62-72, 1978.

Çetin-Babaoğlu, H., *Determination of the Quality and Functional Characteristics of Breads, Which Contain Dephytinized Wheat Bran, Produced with the Addition of Sourdough*,Master's Thesis, Selcuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Konya, 2021.

Çetin-Babaoğlu, H., Arslan-Tontul, S., Karaduman, L., Üzgü, Y., The usage of sourdough powder as the natural preservative and glycemic index lowering agent in salty muffins, British Food Journal, 125(10), 3573-3584, 2023.

Gamel, T.H., Wright, A.J., Pickard, M., Abdel-Aal, E.M., Characterization of anthocyanin-containing purple wheat prototype products as functional foods with potential health benefits, Cereal Chemistry, 97, 34-38, 2019.

Jiang, H., Martin, J., Okot-Kotber, M., Seib, P.A., Color of Whole-Wheat Foods Prepared from a Bright-White Hard Winter Wheat and the Phenolic Acids in Its Coarse Bran, Journal of Food Science, 76(6), 2011.

Köksel, H., Çetiner, B., Shamanin, V.P., Tekin-Çakmak, Z.H., Pototskaya, I.V., Kahraman, K., Sağdıç, O., Morgounov, A.I., Quality, Nutritional Properties, and Glycemic Index of Colored Whole Wheat Breads, Foods, 12(18), 3376, 2023.

Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J., Effect of incorporating potato dietary fibre to wheat dough on the quality of baked rolls, Acta Chimica Slovaca, 9(1), 14-18, 2016.

Le Bleis, F., Chaunier, L., Chiron, H., Valle, G.D., Saulnier, L., Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran, Journal of Cereal Science, 65, 167-174, 2015.

Liu, Q., Qiu, Y., Beta, T., Comparison of Antioxidant Activities of Different Colored Wheat Grains and Analysis of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58 (16), 2010.

Mabrouki, S., Abid, K., Kaihara, H., Patrucco, S.G., Tassone, S., Barbera, S., Assessing texture profile analysis in natural state *versus* texture profile analysis with back extrusion post-homogenization of cooked pea protein-based and meat patties: A comparative study, Future Foods, 9, 100345, 2024.

Packkia-Doss, P.P., Chevallier, S., Pare, A., Le-Bail, A., Effect of supplementation of wheat bran on dough aeration and final bread volume, Journal of Food Engineering, 252, 28-35, 2019.

Peressini, D., Sensidoni, A., Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs, Journal of Cereal Science, 49(2), 190-201, 2009.

Posadzka, Z., Pycia, K., Kaszuba, J., Comparison of the baking value of wholegrain fours from diferent wheat types and pigmentation, European Food Research and Technology, 250, 1853-1864, 2024.

Saini, P., Kumar, N., Kumar, S., Mwaurah, P.W., Singh, V., A study of moisture dependent changes in engineering properties and debranning characteristics of purple wheat, Journal of Food Processing and Preservation, 45:e15916, 2021.

Szöke-Trenyik, E., Mihalkó, J., Sipos, P., Szabó, B.P., Development of High-Fibre, Ready-to-Bake Flour Mixtures from Purple Wheat, Processes, 11, 389, 2023.

Valieva, A.I., Akulov, A.N., Rumyantseva, N.I., Phenolic compounds in purple whole-wheat flour and bread: Comparative analysis, Foods and Raw Materials, 12(2), 334-347, 2024.

Veraverbeke, W.S., Delcour, J.A., Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 42(3), 179-208, 2002.

Yüksel, F., Koyuncu, M., Sayaslan, A., Makarnalık Buğday (Triticum durum) Kalitesi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 4(2), 25-31, 2011.

Zhang, y., Pandiselvam, R., Zhu, H., Su, D., Wang, H., Ai, Z., Kothakota, A., Khaneghah, A.M., Liu, Y., Impact of radio frequency treatment on textural properties of food products: An updated review, Trends in Food Science & Technology, 124, 154-166, 2022.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Evaluation of Pollen's Antioxidant Effects on the Oxidative Stability and Quality Attributes of Ground Meat Under Refrigerated Conditions

Tahire Nur SAKSAĞAN*[1]
Selçuk University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department, Konya, Türkiye – stahirenur@gmail.com – 0009-0007-5493-1272
Umar Abu HAFS[2]
Selçuk University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department Engineering, Konya, Türkiye – umarabdhamid28@gmail.com – 0009-0001-8851-3702
Burak GÜNÇAVDI[3]
Selçuk University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department, Konya, Türkiye – burakguncavdi@hotmail.com – 0009-0009-6563-9650
Ali Samet BABAOĞLU[4]
Selçuk University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department, Konya, Türkiye – asbabaoglu@selcuk.edu.tr – 0000-0003-4643-7454

ABSTRACT

Pollen serves as the reproductive units produced in the male organs of flowering plants. During collection by bees, pollen is combined with glandular secretions, resulting in a sticky and cohesive product. This modified form, commonly referred to as "bee pollen," represents a distinct product with potential biological and nutritional properties.This study aimed to evaluate the effects of pollen on the oxidation and quality characteristics of ground meat stored at refrigerator temperatures. For this purpose, two groups of ground meat samples were prepared: a control group (C) without any addition and a pollen group (P), containing 0.6% pollen. To determine oxidative rancidity in ground meat, TBA analysis was performed, and pH and color analyses were conducted to monitor certain quality parameters. These analyses were carried out on days 1, 3, 6, and 9 of refrigerated storage. The addition of pollen powder significantly reduced the oxidation level in ground meat ($P < 0.05$). The effect of pollen addition on pH values was found to be statistically significant ($P < 0.01$), with lower pH values observed in the pollen group compared to the control. According to the color analysis results, pollen addition did not affect L^* and a^* values ($P > 0.05$). However, its effect on b^* values was statistically significant, with higher b^* values observed in the pollen group compared to the control. This was attributed to the yellow color of the pollen. The results of this study indicate that pollen powder can be used as a natural antioxidant to improve the quality characteristics of ground meat during refrigerated storage.

Anahtar Kelimeler: Antioxidant, ground meat, oxidation, pollen.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Meat is an essential food that contains the building blocks of the human body. It stands out from other food groups due to its high levels of protein, minerals, and vitamins, as well as the high bioavailability of these components within the body. Additionally, its color and flavor-enhancing compounds contribute to its nutritional composition. Significant changes occur in lipids and proteins during the storage and processing of meat. Meat and meat products are highly sensitive to microbial and biochemical changes due to their physical and chemical properties, making them perishable foods with relatively short shelf lives (Karagöz ve Candoğan, 2007).

Oxidative reactions represent a key biochemical process that takes place during the processing, storage, and cooking of meat and meat products, playing a significant role in determining product quality and consumer acceptance (Gray ve ark., 1996). Oxidation, in general, is one of the major changes negatively affecting food quality during processing and storage (Friedman, 1996). In meat and meat products, oxidation leads to irreversible chemical changes, adversely impacting quality. Protein oxidation is defined as structural changes in proteins caused by direct reactions with reactive oxygen species or indirect reactions with secondary products resulting from oxidative stress. Protein oxidation in meat and meat products causes changes in the structural properties of proteins, leading to reduced bioavailability and nutritional value, undesirable quality problems in the products, and the formation of potentially toxic compounds, which pose food safety risks. With increasing consumer awareness of the importance of the relationship between health and food consumption habits, there has been a growing trend in the food industry toward natural antimicrobials and antioxidants. In recent years, a significant amount of research has focused on plant-based natural additives. The use of natural additives as antioxidants and antimicrobials, especially in fatty foods like meat and dairy products, is crucial for extending the shelf life of meat products and preventing foodborne illnesses. Spices have been used for centuries to prevent spoilage and undesirable flavors in meats. While enhancing the taste of food, spices also improve its quality. Many spices are known to act as antioxidants in meats, preserving their quality and color while contributing to consumer health. This property of spices is attributed to their ability to reduce the degree of fat oxidation in meat. Fat oxidation is a major factor that diminishes food quality. Natural antioxidants, such as spices, or synthetic antioxidants can be used in foods (Coggins, 2001).

One of the natural antioxidants, pollen, is produced as part of the reproductive process of plants, and its secretion becomes sticky and is dispersed. Its outer walls are highly resistant to chemical and physical attacks, which is a notable advantage. Bee pollen can be consumed directly in the form of pollen pellets or added to various processed products to enhance nutritional value and contribute to the final product's quality. This study aims to observe the positive effects of pollen on lipid oxidation and its ability to slow down oxidation during storage.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

The ground beef utilized in this study was procured from a certified local meat processing facility in Konya to ensure consistency and quality. Medium-fat ground beef (approx. 20% fat) was selected and stored under refrigeration at 4°C for the duration of the analysis. The pollen used in this study was obtained from a market in Konya.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2. Preparation of Samples

Initially, the pollen was ground into a fine powder. The ground beef samples were portioned into two groups of 200 g each. These groups were defined as follows: (1) the control group (C), without any additives, and (2) the pollen group (P), with 0.6% pollen powder added. Measurements were performed on predetermined storage intervals (days 1, 3, 6, and 9). During the 9-day storage period, thiobarbituric acid reactive substances (TBA) analysis was conducted to assess lipid oxidation, while pH and color measurements were performed to evaluate quality parameters.

2.3. Determination of TBARS numbers

To determine oxidative rancidity in the samples, specific extraction procedures were followed. Absorbance values of the extracts were measured at 530 nm using a spectrophotometer, and TBARS numbers were calculated as mg malonaldehyde (MA)/kg sample Gökalp et al. (1993).

2.4. Determination of pH

The pH values of the ground beef samples were measured with a pH meter (Testo 205, Titisee-Neustadt, Germany) as described by Lambooij et al. (1999).

2.5. Measurement of Color Parameters

The color parameters of the samples, including L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness), were determined using a colorimeter (CR-400 Minolta Co., Osaka, Japan) as described by Hunt et al. (1991). Color measurements were performed at three distinct points on the sample surface perpendicular to the measurement plane. The mean values were calculated for each parameter to ensure accuracy.

2.6. Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using Minitab 16.0 software. The data were expressed as mean ± standard deviation (SD) and subjected to analysis of variance (ANOVA) to determine the effects of treatment, storage time, and their interaction on the measured parameters. A two-way ANOVA was applied to evaluate the main effects of the pollen addition (treatment) and refrigerated storage duration, as well as their interaction (treatment × storage). When significant differences were identified, Tukey's multiple comparison test was used to determine pairwise differences between means. Statistical significance was considered at a confidence level of $P < 0.05$, and results with $P < 0.01$ were interpreted as highly significant.

3. RESULTS AND DISCUSSION

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.1. pH

In the study, pH values of the samples were measured on days 1, 3, 6, and 9 of storage. The results, which show the pH values of the samples, are presented in Figure 3.1. According to the statistical analysis, the main effects of treatment, storage, and the treatment × storage interaction were found to be statistically significant ($P < 0.01$). It was observed that the addition of pollen powder helped maintain a more stable pH in ground meat compared to the control group.

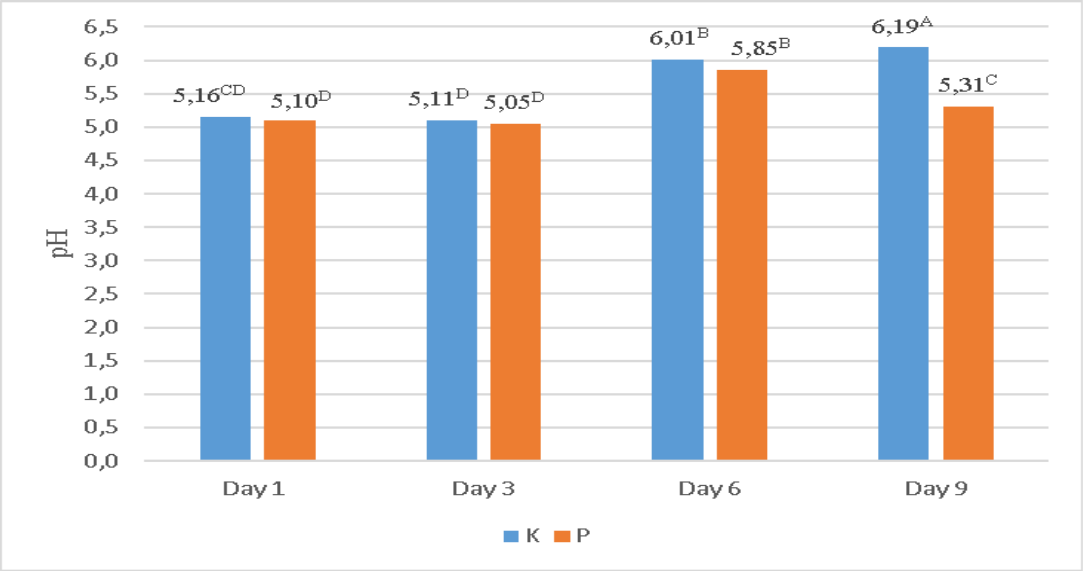


Figure 3.1. pH values of samples throughout refrigerated storage

Regarding storage, the highest average pH value was recorded on day 6, while the pH values on days 1 and 3 were the lowest, with no significant difference observed between them ($P > 0.05$). The results of the treatment × storage interaction showed that the highest pH value was found in the control group on day 9. In the control group, the increase in pH over time was attributed to the formation of basic compounds as a result of oxidation. On the other hand, in the pollen group, the slower oxidation process contributed to maintaining a more stable pH value throughout the storage period.

This study is one of the first to investigate the effects of pollen addition to meat or meat products, as there is limited information available in the existing literature. Therefore, a more detailed examination of the effects of pollen addition on oxidation and quality characteristics of meat products would provide an important avenue for future research.

3.2. TBARS numbers

In this study, TBARS (Thiobarbituric Acid) number analysis was performed to monitor the lipid oxidation levels of the samples. The results, including the average TBARS numbers, are presented in Figure 3.2. According to the statistical analysis, the effects of pollen addition, storage time, and the pollen addition × storage interaction were found to be statistically

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

significant ($P < 0.01$). The TBARS numbers of the ground meat samples with pollen addition were significantly lower compared to the control group ($P < 0.01$).

As the storage period progressed, an increase in the TBA values was observed in all samples, with the highest TBARS numbers recorded on days 6 and 9 ($P < 0.01$). Specifically, on day 9, the lipid oxidation levels in the ground meat samples containing pollen (P) were significantly lower compared to the control group, indicating the antioxidant effect of pollen in slowing down lipid oxidation (Figure 3.2).

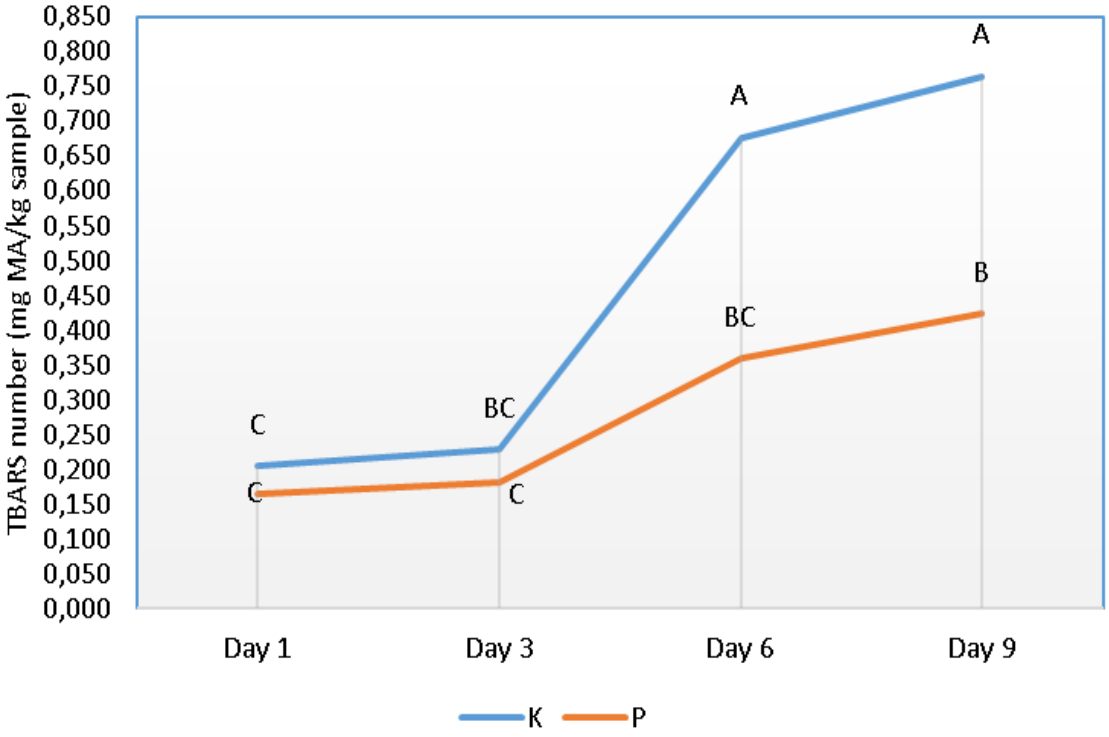


Figure 3.2. TBARS numbers of ground meat samples during refrigerated storage

The findings of this study are in agreement with those of Karataş (2008), who investigated the effect of natural antioxidants on lipid oxidation in quail meat. In that study, lower TBARS numbers were observed in groups supplemented with natural antioxidants compared to the control group, similar to the findings of this study where pollen addition reduced lipid oxidation in ground meat.

Furthermore, Cerit et al. (2016) examined the antioxidant effects of bee pollen added to white chocolate and found that pollen significantly improved the antioxidant capacity and total phenolic content, further supporting the antioxidant potential of pollen. Although this study focused on a different food product, it highlights the strong antioxidant effect of pollen, which is also observed in our study with ground meat.

In conclusion, the addition of pollen powder effectively reduced lipid oxidation in ground meat during refrigerated storage, demonstrating its potential as a natural antioxidant to enhance the shelf life and quality of meat products.

3.3. Color Characteristics

In the study, the color characteristics of the samples (*L**, *a**, *b**) are presented in Table 3.1. According to the statistical analysis results, the effects of treatment, storage period, and treatment × storage interactions on the brightness value (*L**) were found to be non-significant ($P > 0.05$). This indicates that there were no statistically significant differences in the *L** values of the samples throughout the storage period ($P > 0.05$).

Chart 3.1. Color parameters of ground meat treated with pollen powder

Parameters	Treatment	Storage period (day)			
		1	3	6	9
L*	K	52.36 ± 1.60	51.57 ± 2.07	51.41 ± 0.30	49.81 ± 1.76
	P	49.92 ± 2.12	51.66 ± 2.37	48.13 ± 0.31	49.38 ± 2.01
a*	K	16.44 ± 1.60	12.73 ± 0.09	17.70 ± 0.22	19.13 ± 1.14
	P	18.38 ± 2.01	13.25 ± 2.08	18.52 ± 1.87	14.53 ± 3.01
b*	K	14.13 ± 0.74^{A}	11.45 ± 0.45^{B}	11.17 ± 0.51^{B}	11.37 ± 0.40^{B}
	P	14.29 ± 0.16^{A}	13.00 ± 0.58^{AB}	12.01 ± 0.36^{B}	12.97 ± 0.53^{AB}

Means that do not share a letter are significantly different. K: control group P: minced meat including pollen powder.

When examining the redness value (*a**), the effects of treatment and treatment × storage interaction were found to be non-significant ($P > 0.05$), while the effect of storage duration was statistically significant ($P < 0.05$). The highest a* values were observed on the 1st and 6th days, while the lowest value was found on the 3rd day. Overall, fluctuations in *a** values were observed, which are believed to be due to the stabilizing effect of pollen in preserving its redness value.

Regarding the yellowness value (*b**), statistical analysis revealed that both treatment and storage duration had significant effects ($P < 0.01$), while the treatment × storage interaction was non-significant ($P > 0.05$). The yellowish color of the pollen suggests that the increase in the *b** value is due to the pollen itself. The highest *b** value was recorded on the 1st day, and a decrease in the yellowness value was observed during the subsequent storage days (3rd, 6th, and 9th). The difference in *b** values between the 3rd, 6th, and 9th days was statistically insignificant ($P > 0.05$).

Sadıgzade Zengin (2024) investigated the effect of propolis on the quality of fermented sucuk, performing color analysis on days 7, 12, 30, and 60. The results showed that the brightness value (*L**) fluctuated but was statistically insignificant ($P > 0.05$). The effect of propolis on the *a** value showed a regular decrease on the 7th, 12th, and 30th days, while an increase was observed on the 60th day. In the case of the *b** value, increases and decreases were observed, similar to the *a** value. All of these changes were statistically significant ($P < 0.05$).

In another study by Yöntürk (2017), the effects of pollen on immunological and oxidative/antioxidative parameters in rainbow trout were examined. Statistically significant increases in hematocrit, oxidative radical production, total protein, and immunoglobulin levels were observed in groups treated with pollen compared to the control group ($P < 0.05$). The

chemical analysis results of the chestnut-type pollen used in this study revealed positive antioxidant and antimicrobial effects.

4. CONCLUSION

In this study, the effect of pollen powder on the color and lipid oxidation of minced meat during refrigerated storage was evaluated. The results demonstrated that the addition of pollen significantly influenced the oxidation process and color characteristics of the meat. Pollen-treated samples showed lower TBA values, indicating a reduction in lipid oxidation compared to the control group. This antioxidant effect of pollen was particularly evident on day 9, where the TBA values for the pollen-treated group remained lower than those of the control.

Regarding color parameters, while the brightness value (L*) did not show significant changes throughout storage, the redness value (a*) fluctuated, with pollen stabilizing the red hue of the meat. Additionally, the yellowness value (b*) was significantly affected by both treatment and storage duration, with an increase in yellowness on the first day, likely due to the natural yellow color of pollen.

The results of this study suggest that pollen powder can be an effective natural additive in meat products to enhance their oxidative stability and color retention during storage.

REFERENCES

4 Cerit, İ., Şenkaya, S., Tulukoğlu, B., Kurtuluş, M. ve Demirkol, O., 2016, Kızılcık, Ispanak Ve Polen Tozları Kullanılarak Beyaz Çikolataların Fonksiyonel Özelliklerinin Zenginleştirilmesi, *Gıda*, 41 (5), 311-316.

5 Coggins, P. C., 2001, Spices and flavorings for meat and meat products, In: Meat Science and Applications, Eds: CRC Press, p. 387-418.

6 Friedman, M., 1996, Nutritional value of proteins from different food sources. A review, *Journal of agricultural and food chemistry*, 44 (1), 6-29.

7 Gökalp, H. Y., 1993, Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu.

8 Gray, J., Gomaa, E. ve Buckley, D., 1996, Oxidative quality and shelf life of meats, *Meat Science*, 43, 111-123.

9 Hunt, M., Acton, J., Benedict, R., Calkins, C., Cornforth, D., Jeremiah, L., Olson, D., Salm, C., Savell, J. ve Shivas, S., 1991, Pages 1-17 in Guidelines for meat color evaluation, *Proceedings of 44th Recip. Meat Conf., Manhattan, KS*.

10 Karagöz, Z. ve Candoğan, K., 2007, Et teknolojisinde antimikrobiyal ambalajlama, *Gıda*, 32 (3), 113-122.

11 Karataş, Ü., 2008, Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin etlik bıldırcın karma yemlerine doğal antioksidan ilavesinin besi performansı karkas parametreleri etin kalitesi ve raf ömrü üzerine etkileri, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

12 Lambooij, E., Potgieter, C., Britz, C., Nortje, G. ve Pieterse, C., 1999, Effects of electrical and mechanical stunning methods on meat quality in ostriches, *Meat Science*, 52 (3), 331-337.

13 Sadıgzade Zengin, Z., 2024, Fermente sucuk kalite özellikleri üzerine farklı propolis türlerinin etkisinin araştırılması.

14 Yöntürk, Y., 2017, Gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss, W.)nda arı poleninin antioksidan ve immunostimulan etkisinin araştırılması, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MOISTURE SORPTION ISOTHERM OF AMARANTH GRAIN

Sultan ARSLAN TONTUL

Selçuk University, Agricultural Faculty, Food Engineering Department,

sultan.arslan@selcuk.edu.tr 0000-0003-1557-7948

ABSTRACT

The moisture sorption behavior and thermodynamic properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus)* grains were investigated. Prior to experiments, grains were dried at 50°C for 48 hours, achieving a moisture content of 1.45% and water activity of 0.20. Moisture sorption isotherms were determined using saturated salt solutions (CH_3CO_2K, $MgCl_2$, K_2CO_3, NaBr, NaCl, $BaCl_2$, K_2SO_4) at 15°C, 25°C, and 35°C. The experimental equilibrium moisture content (EMC) were modeled using BET and GAB equations, with goodness-of-fit evaluated through adjusted R_{adj}^2 and mean absolute percentage error (E%). Results showed that the sorption isotherms exhibited a Type II sigmoidal shape, consistent with Brunauer's classification, confirming reduced hygroscopicity at higher temperatures. Monolayer moisture content (m_0) ranged between 3.33–5.94 g H_2O/100 g, a critical threshold for food stability. The isosteric heat of sorption (q_{st}), calculated using the Clausius-Clapeyron equation, decreased with increasing moisture content, indicating weakening water-macromolecule interactions. At 4% moisture content, q_{st} reached 12670 kJ/mol and declined as water availability increased. Additionally, adsorption surface area, derived from BET and GAB models, highlighted the grain's water-binding potential, with values ranging from 211.8 to 317.7 m^2/g. These findings provide valuable insights for optimizing the storage, drying, and shelf-life stability of amaranth grains.

Keywords: water activity, equilibrium moisture content, isosteric heat, surface area

1. INTRODUCTION

Moisture sorption isotherms describe the correlation between the water activity (a_w) and the equilibrium moisture content (EMC) at constant pressure and temperature. Free and bound water present in the food can be realised by sorption isotherm. Bound water makes the whole hydrogen bonding capacity with hydrophilic groups on the inner surfaces of macromolecules. Water molecules of bound water have strong interaction with matrix that of weak in the free water. Additionally, free water is available for chemical and microbiological reactions whereas bound water is unavailable and do not affect a_w [1, 2]. Furthermore, sorption isotherms are of great importance to know the water sorption mechanism and interactions between food components and water. Therefore, it gives useful information in modelling of the drying process, equipment design and optimisation, predicting the shelf life of product, determining critical moisture level, mixing products with various aw and the selection of packaging material [3-7].

In recent years, interest and demand for pseudocereals has increased steadily. They have gained importance as alternative raw material instead of traditional and widely used cereal grains such as wheat for human nutrition. Pseudocereals are not a member of the *Gramineae* family, but their grains can be easily milled into flour owing to cereal-like starchy endosperm [8]. Amaranth is

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

classified as a pseudocereal, and it is widely used in food formulations due to their high nutritional quality. Amaranth is an important protein source containing 12.5-18.5%. Additionally, it has high content of essential amino acids such as lysine, methionine and cysteine which already present limitedly in most cereal grains [9-11]. Recently, amaranth grains have been added in the formulation of various foods to improve nutritional quality and gain the functionality to the end product. This popularity makes important transportation of grains to all over the world since it is harvested mostly in tropical and subtropical regions. When the storage conditions are not optimized, grains can easily deteriorate oxidatively and microbiologically. Sorption isotherms can control unstable storage conditions such as relative humidity, temperature and water activity and moisture content of the product. Therefore, in this study, moisture sorption characteristics of amaranth grain was evaluated.

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

2.1. Sorption procedure

Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) grains were purchaed from a market. The proximate analysis of grains were determined by the procedure of [12]. Prior to sorption experiments, grains were dried in an oven at 50°C for 48 h. After the drying the moisture content and water activity were determined as 1.45% and 0.20, respectively. Saturated salt solutions of CH_3CO_2K, $MgCl_2$, K_2CO_3, NaBr, NaCl, $BaCl_2$, and K_2SO_4 were used in sorption procedure. EMC was determined at 15 °C, 25 °C and 35 °C. The saturated salt solutions were placed in desiccators and conditioned for 7 days prior to sorption experiment. Six samples each of 0.45 g (± 0.01 g) were weighed in beaker and placed in desiccators containing saturated salt solutions. EMC was detected when the samples reached constant weight (±0.001). At high aw of salt solutions (0.6<aw), 2 mL thymol was placed in the desiccators in order to prevent the microbial spoilage of grains.

2.2. Analysis of Experimental Data

The moisture sorption isotherms of grains were determined by plotting of EMC values obtained from each temperature against the corresponding a_w. The description of relationship between EMC, equilibrium relative humidity and temperature was verified according to BET [13] and GAB [14] equation. The curve fitting and regression analysis were performed using a mathematical software program (Origin Lab Corp, Massachusetts, USA). The fittest sorption model was selected by the regarding of minimum mean absolute percentage error (E %), and the maximum degrees of freedom adjusted R-square (R_{adj}^2) of the fit.

The net isosteric sorption net isosteric sorption heat is defined by the difference between total isosteric sorption heat and condensation heat. It was calculated by the equation of Clausius-Clapeyron as fallows;

$$\frac{d(Lnaw)}{d(\frac{1}{T})} = -\frac{q_{st}}{R}$$

$$q_{st} = Q_{st} - \Delta H_{vap}$$

a_w=water activity; T=Selected temperature; Q_{st}= isosteric heat of sorption; q_{st}= net isosteric heat of sorption; R=8.314 kj/molK; ΔH_{vap}= 43 kj/mol

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The heat of sorption was determined from the slopes of $\ln_{aw}$ against 1/T plots by linear regression analysis, with the assumption that they are constant over the temperature range studied. Q_{st} is a measure of interaction between water vapor and the adsorbent food material [15].

Adsorption surface area of grains was calculated using monolayer moisture content obtained from BET and GAB equation as fallows [4];

$$SA = Xm \times \frac{1}{18\ g/mol} \times (1.06 \times 10^{-19}\ m^2) \times (6 \times 10^{23}\ molecules/mol)$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

The moisture sorption isotherm of amaranth grain is presented in Figure 1. The EMC content of grains increased by of a_w due to rising of surrounding vapor pressure of grain led to increase the vapor pressure within. Additionally, grains became less hygroscopic with the increasing sorption temperatures at constant a_w. It could be a result of that when temperature increases, the water molecules gain more activity which leads to an increase in the intermolecular distance due to an increase in their energy level, thus they become less stable and break away easily from the water binding sites of the food. Furthermore, at the highest sorption temperature, each weight of amaranth grain absorbed almost 0.6 times the amount of moisture. The sorption capacity of a material is highly related to chemical composition and structure [1].

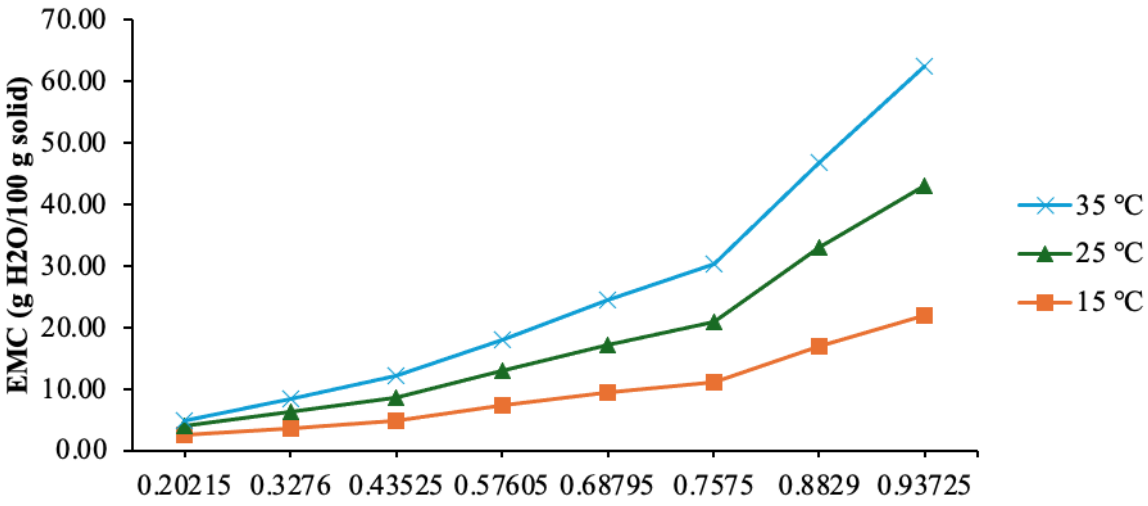


Figure 1. Moisture sorption isotherm of amaranth grain

As can be seen in the Figure 1, the isotherm has sigmoidal shape due to two bending zone at aw of 0.4352 and 0.67575. It means that the moisture sorption isotherm of amaranth fits to Type II according to Brunauer classification. It was consistent with previous observation made with whole cereal and pseudo-cereal grains [16-19].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The results of the regression analysis for fitting the experimental data to BET and GAB equations are presented in Table 1. The monolayer moisture content (m_o) of amaranth grains were determined as 3.33-5.94 g H_2O/100 g. The m_o is critical moisture content to control and extend quality shelf life of a food products. At this moisture level, most of the degradation and food spoilage reactions such as enzymatical browning and oxidation, physical changes in food products such as loss of crispiness, caking and stickiness are slow down. Additionally, it helps determination of the surface potential of moisture sorbed in food [19, 20].

Table 1. Model fit parameters, coefficients and monolayer moisture content of amaranth grain

Model type	**Temp °C**	**Model fit parameters**		**Model coefficients**		
		R_{Adj}^2	E %	k	m_0 (g/100 g)	C
BET	15	0.9135	2.88		3.62	3.85
	25	0.9109	2.55		3.33	2.51
	35	0.5972	7.39		5.94	0.65
GAB	15	0.9482	4.27	0.84	4.82	5.57
	25	0.9862	6.56	0.83	5.03	1.73
	35	0.9050	6.63	0.90	3.41	1.91

In interpreting the fittest equations R_{adj}^2 and E% were considered. In general, R_{adj}^2 values greater than 0.98 and E% value lower than 10 are acceptable. According to Table 1, both GAB and BET equation showed good fitness by evaluating E%. However, only GAB equation explaining moisture isotherm of 25 °C was acceptable for R_{adj}^2. When the model coefficients were evaluated, it was concluded that the C value of both equations, except for the sorption experiment carried out at °C, was less than 1, meaning that the moisture sorption isotherm for amaranth was classified as Type II [20].

Figure 2 shows the isosteric heat (q_{st}) of sorption. It is a useful method for determination the effect of temperature to the foods. The net isosteric heat of sorption can be used to estimate the energy requirements of drying and provides important information on the state of water in foodstuffs [4]. At the lowest moisture content (4%), q_{st} were calculated to be 12670 kj/mol and tended to decrease with increasing the moisture content. At the high level of moisture content of food, the energy necessary for vaporization is low due to weak hydrophilic bounds of macromolecules and free water. On the contrary during drying, moisture content decreases continuously since only the monolayer moisture is left. As a result of this process, the water molecules become tightly bound to the surface of a food and to the sorption sites with high interaction energies. At the same time, the heat of sorption increases above the heat of vaporization of pure water, making it difficult to remove water from the surface [20, 21].

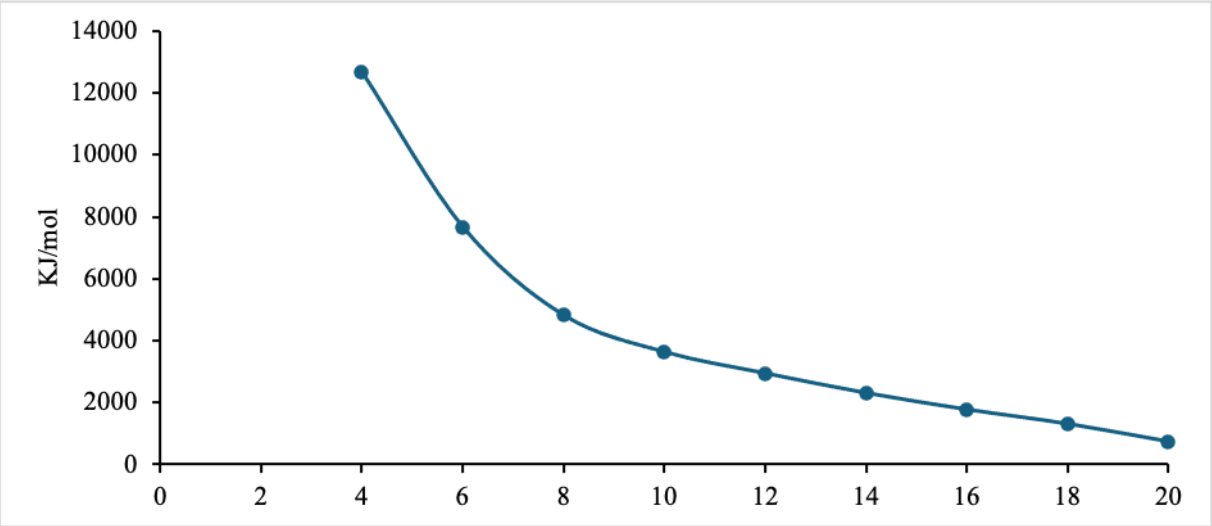


Figure 2. Isosteric sorption heat of amaranth grain

Adsorption surface area of amaranth grains was calculated by m_0 (Table 2). The adsorption surface area of EWP, EYP, and WEP was in the range of 211.8-317.7 m^2/g, 70.6-211.8 m^2/g, and 105.9-282.4- m^2/g, respectively. The water-binding ability of a material is mostly associated with its specific surface area.

Table 2. Adsorption surface area of amaranth grain

Model type	Temp °C	Surface area (m^2/g)
BET	15	127.78
	25	117.54
	35	209.68
GAB	15	170.14
	25	177.55
	35	120.37

REFERENCES

15 1. Lazouk, M.A., et al., *Oilseeds sorption isoterms, mechanical properties and pressing: Global view of water impact.* Journal of Food Engineering, 2015. 153: p. 73-80.

16 2. Al-Muhtaseb, A.H., W.A.M. McMinn, and T.R.A. Magee, *Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review.* Food and Bioproducts Processing, 2002. 80(2): p. 118-128.

17 3. Chirife, J. and H.A. Iglesias, *Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 — a review.* International Journal of Food Science & Technology, 1978. **13**(3): p. 159-174.

18 4. Koua, B.K., et al., *Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (Manihot esculenta).* Journal of Food Science and Technology, 2014. 51(9): p. 1711-1723.

19 5. Panjagari, N.R., et al., *Beta-glucan rich composite flour biscuits: modelling of moisture sorption isotherms and determination of sorption heat.* Journal of Food Science and Technology-Mysore, 2015. 52(9): p. 5497-5509.

6. Soleimanifard, S. and N. Hamdami, *Modelling of the Sorption Isotherms and Determination of the Isosteric Heat of Split Pistachios, Pistachio Kernels and Shells.* Czech Journal of Food Sciences, 2018. 36(3): p. 268-275.
7. Shanker, N., et al., *Moisture sorption characteristics of ready-to-eat snack food enriched with purslane leaves.* Journal of Food Science and Technology-Mysore, 2019. 56(4): p. 1918-1926.
8. Haros, C.M. and R. Schoenlechner, *Pseudocereals: chemistry and technology*. 2017: John Wiley & Sons.
9. Capriles, V., et al., *Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index.* Journal of food science, 2008. 73(7): p. H160-H164.
10. Caselato-Sousa, V.M. and J. Amaya-Farfán, *State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review.* Journal of food science, 2012. 77(4): p. R93-R104.
11. Vujić, L., D.V. Čepo, and I.V. Dragojević, *Impact of dietetic tea biscuit formulation on starch digestibility and selected nutritional and sensory characteristics.* LWT-Food Science and Technology, 2015. 62(1): p. 647-653.
12. AACC, *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 1999, American Association of Cereal Chemists, Inc, St.: Minnesota, USA.
13. Aguerre, R.J., C. Suarez, and P.E. Viollaz, *New BET type multilayer sorption isotherms. Part II: Modelling water sorption in foods.* LWT - Food Science and Technology, 1989. 22(4): p. 192-195.
14. Van den, B., Pre-eminent audiority on the Convention, in his text, 1981: p. 147.
15. Ayranci, E. and O. Duman, *Moisture sorption isotherms of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) and its protein isolate at 10, 20 and 30 degrees C.* Journal of Food Engineering, 2005. 70(1): p. 83-91.
16. Arslan-Tontul, S., *Moisture sorption isotherm and thermodynamic analysis of quinoa grains.* Heat and Mass Transfer, 2021. 57(3): p. 543-550.
17. Arslan-Tontul, S., *Moisture sorption isotherm, isosteric heat and adsorption surface area of whole chia seeds.* LWT, 2020. 119: p. 108859.
18. Mbarga, M.C.N., et al., *MOISTURE SORPTION ISOTHERMS AND PROPERTIES OF SORBED WATER OF NEEM (Azadirichta indica A. Juss) KERNELS.* Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2017. 90(1): p. 35-42.
19. Singh, K.P., H.N. Mishra, and S. Saha, *Sorption Isotherms of Barnyard Millet Grain and Kernel.* Food and Bioprocess Technology, 2011. 4(5): p. 788-796.
20. Edrisi Sormoli, M. and T.A.G. Langrish, *Moisture sorption isotherms and net isosteric heat of sorption for spray-dried pure orange juice powder.* LWT - Food Science and Technology, 2015. 62(1, Part 2): p. 875-882.
21. Kaya, S. and T. Kahyaoglu, *Influence of dehulling and roasting process on the thermodynamics of moisture adsorption in sesame seed.* Journal of Food Engineering, 2006. 76(2): p. 139-147.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MİKRODALGA YÖNTEMİ İLE KURUTULAN TATLI PATATESİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Öğr. Gör. Dr. Senem TÜFEKÇİ
Pamukkale Üniversitesi, Acıpayam Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü,
stufekci@pau.edu.tr - 0000-0002-4613-2418

Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
sgozkal@pau.edu.tr - 0000-0001-5040-9814

ÖZET

Bu çalışmada mikrodalga kurutma yönteminin tatlı patates örnekleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 90, 180 ve 360 W olmak üzere üç farklı mikrodalga güç seviyesinde tatlı patates örneklerinin toplam kuruma süresi, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve beta karoten içeriği belirlenmiştir. Tatlı patates örneklerinin %10 son nem içeriğine ulaşması için gereken süre, 90, 180 ve 360 W mikrodalga güçlerinde sırasıyla 155, 75 ve 44 dakika olmuştur. Taze tatlı patates örneklerinin antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve beta karoten içeriği sırasıyla 1,90-1,94 µmol TE/g kuru madde, 5,91-6,01 mg GAE/g kuru madde ve 104,74-117,92 µg/g kuru madde olarak bulunmuştur. Tatlı patates örneklerinin antioksidan aktivite değerleri mikrodalga güç seviyesindeki artış ile %16,83-43,34 oranlarında artmıştır. Toplam fenolik madde içeriğinde ise, kurutma işlemi sonunda %58,11-30,03 oranlarında kayıp meydana gelmiş, ancak kayıp oranı artan mikrodalga gücüyle azalmıştır. Son olarak örneklerin β-karoten içeriği kurutma sonunda %80,00-84,01 gibi yüksek oranlarda azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga, kurutma, tatlı patates, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, beta karoten

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DETERMINATION OF SOME QUALITY CHARACTERISTICS OF SWEET POTATO DRIED BY MICROWAVE METHOD

Lecturer Dr. Senem TÜFEKÇİ
Department of Food Processing, Vocational School of Acıpayam, Pamukkale University
Acıpayam Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü,
stufekci@pau.edu.tr - 0000-0002-4613-2418

Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL
Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Pamukkale University,
sgozkal@pau.edu.tr - 0000-0001-5040-9814

ABSTRACT

In this study, the effect of the microwave drying method on sweet potato samples was investigated. For this purpose, total drying time, antioxidant activity, total phenolic content, and beta-carotene content of sweet potato samples were determined at three different microwave power levels as 90, 180, and 360 W. The time required for the sweet potato samples to reach 10% final moisture content was 155, 75, and 44 minutes at 90, 180, and 360 W microwave power levels, respectively. Antioxidant activity, total phenolic content and beta carotene content of fresh sweet potato samples were determined as 1.90-1.94 µmol TE/g dry matter, 5.91-6.01 mg GAE/g dry matter and 104.74-117.92 µg/g dry matter, respectively. The antioxidant activity values of sweet potato samples increased by 16.83-43.34% as the microwave power level was increased. The total phenolic content showed losses ranging from 58.11% to 30.03% at the end of the drying process; however, the rate of loss decreased with increasing microwave power. Finally, the beta carotene content of the samples decreased at high rates such as 80.00-84.01% at the end of drying.

Keywords: Microwave, drying, sweet potato, antioxidant activity, total phenolic content, beta carotene

1. GİRİŞ

Kurutma, gıdalardan suyun uzaklaştırılarak su aktivitesi değerinin düşürüldüğü, bu sayede ürünlerin mikrobiyolojik ve enzimatik olarak kararlı hale getirilip raf ömrünün uzatıldığı en eski ve yaygın gıda koruma yöntemlerinden biridir (Jin ve ark., 2023; Wray ve Ramaswamy, 2015). Gıdaların kurutulmasında sıcak hava ile kurutma, düşük ekipman maliyeti ve geniş uygulama alanı gibi avantajlarıyla yaygın bir yöntem olmasına rağmen, uzun kurutma süresi, yüksek enerji tüketimi ve düşük ürün kalitesi nedeniyle mikrodalga, kızılötesi, radyo frekansı gibi yeni teknolojilerle giderek yer değiştirmektedir (An ve ark., 2024). Bu yeni teknolojilerden mikrodalga kurutma, kısa kurutma süresi, düşük alan gereksinimi, çevresel etkilerin azaltılması, daha az enerji tüketimi, farklı ürünlere uygulanabilme esnekliği ve yüksek ürün kalitesi gibi avantajlarıyla diğer yöntemlerden ayrılan, polar moleküllerdeki elektriksel güç değişiminin ani ısı üretimi ve basınç artışıyla hızlı nem kaybını teşvik ettiği, son yıllarda hızlı kurutulmuş ürünlere olan yüksek talep nedeniyle gıda işleme sektöründe dikkat çeken etkili bir kurutma yöntemidir (Ahmed ve ark., 2023; Nowacka ve ark., 2019).

Bu çalışma, geniş çaplı tarımsal üretimine rağmen gıda endüstrisinde yeterince değerlendirilmeyen tatlı patatesin, mikrodalga kurutma yöntemiyle işlenmesi sırasında antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve beta karoten içeriğinde meydana gelen değişiklikleri tespit etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçların, tatlı patatesin kurutulmuş formundan üretilen unların makarna, erişte, kek ve ekmek gibi çeşitli gıda ürünlerine katkılanması durumunda bu ürünlerin belirli özelliklerindeki değişimlere dair literatüre önemli bir katkı sunması beklenmektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Tatlı patates (Ipomoea batatas [L.] Lam), İdeal Tarım Ürünleri Ticareti AŞ'den temin edilmiştir. Kurutma işleminden hemen önce kabukları soyulan tatlı patates örneklerinden elektronik sebze dilimleyici kullanılarak sabit kalınlıkta (0,4 cm) yüzeyler elde edildikten sonra sonra bu dilimlere metal kalıplar ile kare (2×2 cm) şekli verilmiştir.

2.2. Kurutma denemeleri

Tatlı patatesler, 90, 180 ve 360 W mikrodalga güçleri kullanılarak ev tipi hibrit fırın (Siemens HN678G4S1 Ankastre Fırın, Münih, Almanya) ile %10±0,5 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Örneklerin %10±0,5 nem içeriğine ulaşmaları için geçen zaman toplam kuruma süresi olarak

kabul edilmiştir. Kurutma denemeleri her bir kurutma koşulu için iki paralelli ve üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3. Kalite özelliklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada tatlı patates örnekleri için kalite parametresi olarak belirlenen antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve beta karoten içeriği kurutmanın başında (0. dakika) ve sonunda ölçülmüş ve değişim Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Uysal ve Özkal, 2022).

$$Yüzde\ değişim\ (\%) = [(son\ değer/ilk\ değer) - 1] \times 100 \quad (1)$$

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğini belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş tatlı patates dilimlerinin antioksidan aktivitesinin ve toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi için, Özgören ve ark. (2019) tarafından tanımlanmış ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Antioksidan aktivite tayini 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi (Thaipong ve ark., 2006), toplam fenolik madde tayini ise Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Singleton ve ark., 1999).

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde değerlerinin belirlenmesi için örneklerin absorbansları sırasıyla 515 ve 760 nm dalga boylarında okunmuş, sonuçlar µmol troloks eşdeğeri (TE)/g kuru madde ve mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru madde olarak hesaplanmıştır.

Beta karoten içeriğinin belirlenmesi

Tatlı patates örneklerinin beta karoten içeriği yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı kullanılarak Demiray ve ark. (2013) tarafından tanımlanmış yöntemden bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Sonuçlar µg/g kuru madde olarak sunulmuştur.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Toplam kuruma süresi

Mikrodalga güç seviyesi arttıkça tatlı patatesin %10±0,5 nem içeriğine ulaşması için geçen süre kısalmaktadır. Toplam kuruma süresinde mikrodalga gücünün 90 W'dan 180 W'a yükseltilmesi ile %51,10 ve 360 W'a yükseltilmesiyle %71,61 oranında kısalma meydana gelmiştir. Literatürde mürdüm eriği (Yıldız ve Çağındı, 2022), patates (Jungueria ve ark., 2020), havuç püresi (Abano ve ark., 2019) üzerine yapılan çalışmalar da mikrodalga güç seviyesindeki artışın gıdaların kuruma süresini kısalttığını göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. Tatlı patates örneklerinin %10 nem içeriğine ulaşmaları için geçen süre

Mikrodalga güç seviyesi (W)	Kuruma süresi (dakika) (0,1 g su/g kuru madde nem içeriğine kadar geçen süre)
90	155±0,82
180	75±0,01
360	44±0,82

3.2. Antioksidan aktivite değişimi

Taze tatlı patates örneklerinin antioksidan aktivite değerleri 1,90-1,94 µmol TE/g kuru madde arasında değişmektedir ve kurutma işlemi sonunda örneklerin antioksidan aktivite değerleri artış göstermiştir. 90, 180 ve 360 W mikrodalga güçlerinde antioksidan aktivite içeriğinde sırasıyla %16,83, %37,59 ve %43,34 oranlarında artış gerçekleşmiştir. Bu durum artan mikrodalga güç seviyesi ile toplam kuruma süresindeki azalmaya ek olarak kurutma sonucu meydana gelen ileri seviye enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu ürünü olan melanoidinlerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir (Wang ve ark., 2011; Vega Galvez ve ark., 2009).

Çizelge 2. Tatlı patates örneklerine ait antioksidan aktivite değişimi

Mikrodalga güç seviyesi (W)	Antioksidan Aktivite (µmol TE/g kuru madde)		
	Taze	**Kuru**	**% Değişim**
90	1,94±0,07	2,26±0,08	16,83±0,55
180	1,93±0,09	2,65±0,13	37,59±0,66
360	1,90±0,06	2,73±0,06	43,34±0,82

3.3. Toplam fenolik madde içeriği değişimi

Taze tatlı patates örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 5,91-6,01 mg GAE/g kuru madde arasında değişmektedir. Mikrodalga kurutma sonucunda tatlı patates örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinde %30,03-58,11 oranlarında kayıp meydana gelmiş ancak bu kayıp artan mikrodalga güçlerinde azalmıştır. Balkabağı ve limon kabuğu üzerine yapılan çalışmalarda da mikrodalga yöntemi ile kurutma sonucunda toplam fenolik madde miktarında kayıplar yaşandığı raporlanmış ve bu durum geri dönüşümsüz oksidasyon reaksiyonu ile uzun süreli sıcaklık maruziyetinin bir sonucu olarak gerçekleşen ısıl parçalanma ile ilişkilendirilmiştir (Köprüalan ve ark., 2021; Uysal, 2019; Wojdyło ve ark, 2014).

Çizelge 3. Tatlı patates örneklerine ait toplam fenolik madde içeriği değişimi

	Toplam fenolik madde (mg GAE/g kuru madde)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Mikrodalga güç seviyesi (W)	Taze	Kuru	% Değişim
90	5,91±0,25	2,47±0,08	-58,11±0,90
180	6,01±0,20	3,03±0,12	-49,63±0,56
360	5,95±0,37	4,16±0,24	-30,03±0,76

3.3. Beta karoten içeriği değişimi

Taze tatlı patates örneklerinin beta karoten içerikleri 104,74-106,19 µg/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Mikrodalga kurutma yöntemi ile beta karoten içeriğinde %80 ile %84,01 arasında kayıp yaşanmıştır. Literatürdeki çalışmalarda da yer verildiği üzere mikrodalga kurutma işlemi sırasında mikrodalga gücündeki artış, ürün sıcaklığında hızlı bir yükselmeye neden olarak bozulmayı artırmakta, aynı zamanda oksidasyon reaksiyonlarını hızlandırarak kararsız kimyasal yapıya sahip beta karotenin kaybını önemli ölçüde artırmaktadır; bu da ürünün beta karoten içeriğinde belirgin bir azalmaya yol açmaktadır (Oliveira ve ark., 2015, Prakash ve ark., 2014).

Çizelge 4. Tatlı patates örneklerine ait beta karoten içeriği değişimi

Mikrodalga güç seviyesi (W)	β-Karoten içeriği (µg/g kuru madde) Taze	Kuru	% Değişim
90	106,19±3,77	21,20±1,12	-80,00±0,95
180	104,74±1,20	18,41±0,33	-82,38±0,96
360	117,92±2,93	18,88±0,51	-84,01±0,58

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Tatlı patatesin mikrodalga yöntemiyle kurutulmasına yönelik bu çalışmanın bulguları, gıda işleme teknolojilerinde enerji verimliliği ve ürün kalitesi açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır. Mikrodalga kurutmanın hızlı kuruma süresi ve antioksidan aktiviteyi artırma gibi potansiyel avantajları, bu yöntemin endüstriyel kullanım için bir alternatif olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, toplam fenolik madde ve beta karoten içeriğindeki kayıplar, yöntemin optimizasyonun gerekliliğini ortaya koymaktadır. Kurutma sürecinin optimize edilmesi, mikrodalga gücü ve uygulama süresi gibi değişkenlerin ürünün kalite özellikleri üzerine olumsuz etkilerini minimize edecektir. Ek olarak, kurutma sırasında oluşan oksidasyon ve ısıl parçalanmayı en aza indirgemek amacıyla ön işleme tekniklerinin araştırılması önerilmektedir. Bu tür iyileştirmeler, mikrodalga kurutma yönteminin gıda endüstrisindeki yaygınlığını artırarak, özellikle fonksiyonel gıda ürünleri geliştirme çalışmalarına katkı

sağlayabilir. Tatlı patates gibi besin değeri yüksek tarımsal ürünlerin daha geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesinde değerlendirilmesi, sürdürülebilir tarım ve gıda israfını azaltma hedeflerine de hizmet edecektir**.**

KAYNAKÇA

Abano, E. E., Amoah, R. S., & Opoku, E. K. (2019). Temperature, microwave power and pomace thickness impact on the drying kinetics and quality of carrot pomace. *Journal of Agricultural Engineering*, *50*(1), 28-37.

Ahmed, M., Faisal, M., Laskar, A., Abdullah, A., Shahadat, M., Umar, K., Yusuf, M. Experimental studies for thin layer model validation and microwave drying characteristics of beetroot considering energy optimization. *Fuel*, *346*, 128345, 2023.

An, N. N., Li, D., Wang, L. J.,Wang, Y. Factors affecting energy efficiency of microwave drying of foods: an updated understanding. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 9, 2024.

Demiray, E.; Tulek, Y.; Yilmaz, Y. Degradation Kinetics of Lycopene, β-Carotene and Ascorbic Acid in Tomatoes during Hot Air Drying. LWT–Food Sci. Technol. 50, 172–176, 2013.

Jin, G., Zhu, Z., Wu, Z., Wang, F., Li, J., Raghavan, V., Song, C. Characterization of volatile components of microwave dried perilla leaves using GC–MS and E-nose. *Food Bioscience*, *56*, 103083, 2023.

Junqueira, J. R. D. J., Corrêa, J. L. G., Petri, I., Gatti, I. P., & de Mendonça, K. S. (2022). Microwave drying of sweet potato: Drying kinetics and energetic analysis. *Australian Journal of Crop Science*, *16*(10), 1185-1192.

Köprüalan, Ö., Altay, Ö., Bodruk, A., Kaymak-Ertekin, F., "Effect of hybrid drying method on physical, textural and antioxidant properties of pumpkin chips", *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 2995-3004, 2021.

Nowacka, M., Wiktor, A., Anuszewska, A., Dadan, M., Rybak, K., & Witrowa-Rajchert, D. The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks. *Ultrasonics Sonochemistry*, *56*, 2019.

Oliveira, S. M., Brandao, T. R., Silva, C. L., "Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: A review", *Food Engineering Reviews*, *8*(2), 134-163, 2016.

Özgören, E.; Işık, F.; Yapar, A. Effect of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) Supplementation on Chemical and Nutritional Properties of Crackers. J. Food Meas. Charact. 13, 2812–2821, 2019.

Prakash, S., Jha, S. K., Datta, N., "Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers, *Journal of food engineering*, *62*(3), 305-313, 2004.

Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M., "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent", In Methods in enzymology (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press, 1999.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H., "Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts", *Journal of food composition and analysis*, *19*(6-7), 669-675, 2006.

Uysal, B., & Özkal, S. G. Limon kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *12*(4), 2223-2236, 2022.

Uysal, M. B., "Limon ve portakal kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2019.

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., Perez-Won, M., "Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annuum, L. var. Hungarian)", *Food chemistry*, *117*(4), 647-653, 2009.

Wang, C. Y. and Singh, R. P., "Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying", *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 11(6), 668-672, 2011

Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., Oszmiański, J., "Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries", *Food and Bioprocess Technology*, *7*, 829-841, 2014.

Wray, D., Ramaswamy, H. S. Novel concepts in microwave drying of foods. *Drying Technology*, 33, 7, 2015.

Yıldız, D., & Çağındı, Ö. (2022). Güneş ve Mikrodalga ile Kurutmanın Mürdüm Eriğinin (Prunus domestica subsp. Insititia) Fiziksel Kalitesi Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, *20*(1), 40-53.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TİMOL UYGULAMALARININ KESME ÇİÇEKLERDE VAZO ÖMRÜNE ETKİLERİ

Arş. Gör. Melek DEMİREL[5]
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
melek.demirel@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-8477-1122

Prof. Dr. Rezzan KASIM
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
rkasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-2279-4767

Prof. Dr. M. Ufuk KASIM
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
mukasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2976-7320

ÖZET

Kesme çiçekler, bahçe bitkileri alanının katma değeri yüksek ürünleridir. Kesme çiçeklerin kalitesini korumak ve vazo ömrünü uzatmak, iç ve dış pazar talebini karşılamak için önemli uygulamalardır. Kesme çiçeklerin vazo ömrü esas olarak iki faktörden etkilenir bunlar birçok çiçeğin yaşlanmasını hızlandıran etilen ve damar tıkanıklığına neden olarak kesme çiçeklerin vazo ömrünü kısaltan mikroorganizmalardır. Günümüzde, bitkisel uçucu yağlar gibi kimyasal olmayan alternatifler uygulanmaktadır. Bunlar çevre için güvenli olan doğal organik bileşiklerdir. Yüksek oranda fenolik bileşik seviyeleriyle antimikrobiyal özellik göstererek süs bitkilerinde ve diğer bahçe ürünlerinde hasat sonrası patojen kontrolünde kullanılmaktadırlar. Timolün mantar, bakteri ve maya gibi çeşitli tıbbi açıdan önemli patojenlere karşı dikkate değer antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğu yapılan birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Bu derleme, kimyasal işlemlerin doğal koruyucularla değiştirilmesi olasılığını değerlendirmek ve timolün kesme çiçeklerde vazo ömrüne etkisini kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Süs bitkileri, Kesme çiçek, Vazo ömrü, Uçucu yağlar, Timol

[5] Sorumlu yazar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Kesme çiçekler, estetik ve duygusal değerleri nedeniyle önemli bir sektördür. Özel günlerde, etkinliklerde ve dekorasyon amaçlı olarak kullanılan kesme çiçekler, genellikle birkaç gün ile birkaç hafta arasında değişen bir vazo ömrüne sahiptir. Vazo ömrü, çiçeklerin tazeliğini ve kalitesini sürdürebilmesi açısından kritik bir faktördür. Timol, bazı bitkilerde bulunan bir bileşen olup, kesme çiçeklerde vazo ömrünü uzatabilecek potansiyel bir koruyucu olarak dikkate alınmaktadır. Geleneksel olarak kesme çiçeklerin ömrünü uzatmak için kullanılan kimyasal koruyucular (örneğin, sodyum hipoklorit ve gümüş bazlı bileşikler) etkin olmakla birlikte, çevreye zararlı etkileri, toksisite riski ve yüksek maliyetleri nedeniyle sürdürülebilir bir çözüm olarak görülmemektedir. Bu noktada, timol gibi doğal antimikrobiyal bileşikler önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Kekik (*Thymus vulgaris*) gibi bitkilerden elde edilen timol, biyolojik olarak parçalanabilir bir maddedir. Mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek kesme çiçeklerin su alım yollarını açık tutar. İnsan ve çevre sağlığı açısından daha güvenlidir. Düşük miktarlarda etkili olduğu için maliyet etkin bir çözümdür. Timol, kimyasal maddelerin olumsuz etkilerinden kaçınmak isteyen üreticiler ve tüketiciler için çevre dostu bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, hem kesme çiçek sektöründe sürdürülebilirliği artırmakta hem de yüksek performanslı sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Ahangaran ve ark. 2022).

Vazo ömrü, kesme çiçeklerin su ve besin alışverişini etkileyen birçok faktör içerir. Çiçeklerin kesiminden sonra yaşam döngüsü, alınan bakım, su kalitesi ve çevresel koşullar bu ömrü etkileyen başlıca unsurlardır. Kesme çiçeklerin dayanıklılığı hem tüketici memnuniyeti hem de sektördeki ekonomik kazancın artırılması açısından büyük önem taşır. Ancak, kesildikten sonra su alımının azalması ve mikroorganizma kaynaklı sorunlar nedeniyle çiçeklerin vazo ömrü kısalabilmektedir. Bu nedenle, doğal antimikrobiyal maddeler, kesme çiçeklerin daha uzun süre dayanması için önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Timol, doğal bir bileşik olarak bu alanda dikkat çekmektedir (Badi ve ark., 2017).

Timol, çeşitli bitkilerde doğal olarak bulunan bir bileşik olup, özellikle kekik gibi aromatik bitkilerde yüksek oranda bulunmaktadır. Antimikrobiyal özellikleri ve antibakteriyel etkisi ile tanınan timol, kesme çiçeklerin dayanıklılığını artırmak için kullanılabilir. Literatürde, timolün kesme çiçeklerin vazo ömrü üzerindeki etkileri hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

2.TİMOLÜN VAZO ÖMRÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Timol, çoğunlukla kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinden elde edilen, fenolik yapıya sahip doğal bir bileşiktir. Antimikrobiyal ve antifungal özellikleri ile bilinir. Kesme çiçeklerde kullanılmasının temel nedenleri şunlardır:

- Mikrobiyal faaliyetleri baskılayarak su alım yollarının tıkanmasını önler.
- Doğal bir bileşik olması nedeniyle çevre dostudur.
- Kimyasal koruyuculara göre daha az toksik etkiye sahiptir.

Timol, hücrelerdeki serbest radikalleri nötralize eden antioksidan özelliklere sahiptir. Bu özellik, çiçeklerin yaşlanma sürecini yavaşlatır ve ömrünü uzatır. Çiçekler, etilen gazının etkisiyle hızla yaşlanabilir; ancak timol, bu süreci engelleyerek daha uzun süre taze kalmalarına yardımcı olur. Kesme çiçeklerde mikroorganizmalara karşı koruma sağlamak, vazo ömrünün uzatılması açısından kritik öneme sahiptir. Timol, bakteriyel ve fungal büyümeyi inhibe ederek çiçeklerin

bozulmasını engeller. Bu özellik, timolün kesme çiçeklerde vazo ömrü üzerindeki olumlu etkilerinin temel nedenlerinden biridir. Timol, su iletim kanallarındaki mikrobiyal tıkanıklıkları azaltarak kesme çiçeklerin damar sisteminden suyun daha etkili bir şekilde taşınmasını sağlar. Su alımını kolaylaştıran bu etki, çiçeklerin su kaybını azaltmasına ve dokuların daha uzun süre taze kalmasına yardımcı olur (Zhang ve ark., 2019).

Hashemi ve ark., 2013 Krizantem (*Dendranthema grandiflorum*)`de timol (75 ve 125 mg -L), mentol (75 ve 125 mg L-1) ve öjenol (75 ve 125 mg L-1) içeren koruyucu çözeltilerin 3±1ºC ve %75-80 RH'de krizantem kesme çiçeklerinin kalitesi ve vazo ömrü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Tüm çözeltilere %4 Sakkaroz eklenmiş ve kontrol uygulaması olarak damıtılmış su + %4 Sakkaroz uygulanmıştır. En yüksek vazo ömrü (59,58 gün) timol 125 mg L-1 ile elde edilmiş, ardından timol 75 mg L-1 (59,17 gün) kontrole (31,08 gün) kıyasla elde edilmiştir. Kontrol ve diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında, timol (75 ve 125 mg L-1) taç yaprağı solmasını azaltmış ve koruyucu çözelti alımını, çiçek bağıl ağırlığını, yaprak zarı stabilitesini, çiçek çapını ve vazo ömrünü artırmıştır.

Babarabie ve ark., 2015, Alstroemeria kesme çiçeğini incelemek amacıyla koruyucu çözeltilerde 4000, 2000 ve 6000 mgl^{-1} konsantrasyonlarda timol, biberiye uçucu yağı ve %4 sakaroz kullanmışlardır. Vazo ömrü, çözelti alımı, çiçek çapı, toplam çözünür kuru madde, antosiyanin ve klorofil miktarı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, çiçeğin vazo ömrünün en fazlasının 14/33 gün ile 4000 mgl^{-1} timol uygulamasına bağlı olduğunu, 9 günlük vazo ömrü ile kontrolün ise en az ömre sahip olduğunu göstermiştir. En büyük çiçek çapı ve toplam çözünür katı miktarı biberiye esansında görülürken en çok çözelti alımı, antosiyanin ve klorofil miktarı timol uygulanan çiçeklerde gözlenmiştir.

Mallahi ve ark., 2018, İki karanfil (*Dianthus caryophyllus* L.) çiçeğinin ömrü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yürütülen çalışmada kontrol ve 250, 500 ve 1000 ppm timol konsantrasyonlarını ve ikinci deney için 0, 50, 100, 150 ve 200 ppm timol konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Sonuçlar, 250 ppm'ye kadar timol konsantrasyonlarının her iki karanfil çeşidinde de vazo ömrünü azalttığını göstermiştir. Daha düşük konsantrasyonlarda, Beaumonde çeşidi vazo ömründen daha zayıf bir reaksiyona sahipken, 200 ppm timol uygulaması Sensi çeşidinde ömrü 2,34 gün önemli ölçüde uzatmıştır.

2.1. Timolün Kimyasallara Alternatif Olarak Kullanımı

Geleneksel kimyasal koruyucular genellikle çevreye zararlı olabilir ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Bununla birlikte, timol gibi doğal bileşikler, sürdürülebilir ve çevre dostu alternatifler sunmaktadır. Timolün doğal bir bileşik olması, çevre üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirirken, aynı zamanda biyolojik çeşitliliği destekler (Alsaraf ve ark., 2020).

Kimyasal koruyucuların aksine, timol gibi doğal maddeler, biyolojik olarak parçalanabilir ve ekosistem için zararsızdır. Bu özellikleri sayesinde, tarımda ve çiçekçilikte sürdürülebilir uygulamalara olan talep artmaktadır.

Timol, sentetik koruyuculara göre insan sağlığı açısından daha güvenli bir alternatif sunar. Timolün organik ve doğal bitkilerden elde edilmesi, kesme çiçeklerin tüketicilere sunulmadan önce kimyasal kalıntı riski taşımamasını sağlar.

2.2. Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifleri

Kesme çiçek endüstrisi hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için alternatif koruma yöntemlerine yönelmek zorundadır. Timol, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından önemli bir fırsat sunar. Özellikle organik tarımda ve ekolojik dengeyi korumada önemli bir yer tutar (Rathod ve ark., 2021).

Timol, tarımda kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitlere bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir. Doğal bir koruyucu olarak, ekolojik tarım uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılabilir (Kahkonen ve ark., 1999).

Timolün kesme çiçekler üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, farklı çiçek türlerinde ve çeşitli uygulama yöntemleriyle yapılan kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca, timolün etkinliğini artırmak için biyoteknolojik yöntemlerin geliştirilmesi, gelecekte daha geniş uygulama alanları bulmasını sağlayacaktır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Timol, kesme çiçeklerin vazo ömrünü uzatmada etkili bir antimikrobiyal ajan olarak ön plana çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, timol uygulamalarının çiçeklerin su alımını artırarak ve mikrobiyal faaliyetleri baskılayarak dekoratif ömrü uzattığını göstermektedir.

Farklı çiçek türleri üzerinde timolün etkilerini karşılaştıran daha fazla çalışma yapılmalıdır. Timolün diğer doğal maddelerle kombinasyonları incelenmelidir.Uygulama dozajlarının optimizasyonu için kapsamlı araştırmalar gereklidir. Timol gibi doğal çözümler, çevre dostu özellikleri ve etkili sonuçları ile kesme çiçek sektöründe sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. Alsaraf, S., Hadi, Z., Al-Lawati, W. M., Al Lawati, A. A., & Khan, S. A. (2020). Chemical composition, in vitro antibacterial and antioxidant potential of Omani Thyme essential oil along with in silico studies of its major constituent. Journal of King Saud University-Science, 32(1), 1021-1028.
2. Asrar, A.W.A., 2012. Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (Antirrhinum majus L.) cut flowers. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 11 (1), 29–35.
3. Babarabie, M., Zarei, H., & Varasteh, F. (2015). The effect of Rosemary essential oils and thymol on vase life and some physiological characteristics of Alstroemeria cut flowers.
4. Bazaz, A.M., Tehranifar, A., 2011. Effect of ethanol, methanol and essential oils as novel agents to improve vase-life of Alstroemeria flowers. J. Biol. Environ. Sci. 5 (14),41–46.
5. Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., Azizi, S., Basiratpour, A., Zokaei, M., & Derakhshan, M. (2022). Thymol and carvacrol supplementation in poultry health and performance. Veterinary Medicine and Science, 8(1), 267-288.

6. Hashemi, M., Mirdehghan, S. H., & Farahmand, H. (2014). The effects of thymol, menthol and eugenol on quality and vase-life of chrysanthemum cut flowers. Iran Agricultural Research, 32(2), 55-70.
7. Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47 (10), 3954–3962
8. Mallahi, T., Ramezanian, A., Saharkhiz, M. J., Javanmardi, J., & Iraji, A. (2018). Antimicrobial activities of Asafoetida and Shirazi thyme essential oils improve the vase life of gerbera cut flowers. Acta Ecologica Sinica, 38(3), 228-233.
9. Naghdi Badi, H. A., Abdollahi, M., Mehrafarin, A., Ghorbanpour, M., Tolyat, S. M., Qaderi, A., & Ghiaci Yekta, M. (2017). An overview on two valuable natural and bioactive compounds, thymol and carvacrol, in medicinal plants. Journal of Medicinal Plants, 16(63), 1-32.
10. Rathod, N. B., Kulawik, P., Ozogul, F., Regenstein, J. M., & Ozogul, Y. (2021). Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. Trends in Food Science & Technology, 116, 733-748.
11. Zhang, J., Ma, S., Du, S., Chen, S., & Sun, H. (2019). Antifungal activity of thymol and carvacrol against postharvest pathogens Botrytis cinerea. Journal of food science and technology, 56, 2611-2620.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MUĞLA İLİ ARICILARININ ARI HASTALIK VE ZARARLILARI KONUSUNDA BİLGİ DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ziraat Yük. Mühendisi Ahmed KARAHAN
Afyonkarahisar İl Tarım ve Orman Müdürlüğü
ahmed.karahan@tarimorman.gov.tr - 0000-0002-8600-7507

Prof. Dr. Halil Selçuk BİRİCİK
Afyon Kocatepe Üniversitesi /Veteriner Fakültesi /Laboratuvar Hayvanları Anabilim Dalı,
hsbiricik@aku.edu.tr - 0000-0003-4974-1611

Prof. Dr. İsmail KARACA
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi /Ziraat Fakültesi /Bitki Koruma Bölümü,
ismailkaraca@isparta.edu.tr - 0000-0002-0975-789X

Muğla, Türkiye'nin en önemli arıcılık bölgelerinden biri olup, iklimi ve geniş orman alanları sayesinde arıcılığa elverişli bir coğrafi yapıya sahiptir. TUİK verilerine göre 2023 yılında ülkemizde en fazla arı işletmesi ve en fazla arı kovanı Muğla ilinde bulunmaktadır. Muğla ili özellikle çam balı üretimi ile bilinmekte olup, ormanlık alanlarındaki karaçam ağaçlarından elde edilen çam balı bölgedeki pek çok çiftçi ve üretici için önemli geçim kaynağını oluşturmaktadır. Çam balı üretimi için arı popülasyonunu artırmak isteyen arıcılar kovanlarını iç bölgelere taşır. Böylece arıcılar, gezginci arıcılık yaparak hem bal üretimini artırır hem de bitkisel ürünlerin devamlılığını sağlar.

Bu çalışmada, Muğla İlinden Afyonkarahisar'a gelen gezginci arıcılara anket uygulanarak, Muğla ili arıcılarının genel durumlar, arı hastalıkları ve zararlıları hakkındaki bilgi düzeyleri ve karşılaştıkları sorunlar belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda ankete katılan arıcıların %61,81'inin eğitim düzeyinin ilkokul olduğu, %77,78'inin 10 yıl ve üzerinde arıcılık tecrübesine sahip olduğu, %81,25'sinin 101 ve üzerinde kovan sahibi olduğu belirlenmiştir. Kovanlarına ait bilgileri düzenli olarak kayıt altına alan arıcıların oranı %11,81 iken, %74,31'i kovanlar üzerine işaret ve taş koyarak bilgi tutmaktadır. Arıcıların karşılaştığı sorunlar arasında ise ilk sırada, %88,89 oranıyla pazarlama yer almaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ankete katılan arıcıların %88,19'u Nosema hastalığını, %82,64'ü Avrupa ve Amerikan yavru çürüklüğü hastalığını, %79,17'si ise kireç hastalığını kimseden yardım almadan teşhis edebildiği belirlenmiştir. Bu hastalıklar arasında Nosema, son 3 yıl içinde ankete katılan arıcıların %90'ının arılığında görülmüş ve bu arıcıların %59,03'ü nosema hastalığına karşı ilaç kullanmıştır. Arı zararlılarından ise varroa, ankete katılan tüm arıcılar tarafından bilinen bir zararlı olup, son 3 yılda tüm arıcıların kovanlarında tespit edilmiştir. Ayrıca, varroaya karşı tüm arıcılar son 3 yıl içinde ilaç kullanmıştır. Varroanın yanında eşek arısı, petek güvesi, arı kuşu ve kirpiyi ankete katılan arıcıların %90'ından fazlası kimseden yardım almadan tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler : Muğla arıcıları, Arı hastalık ve zararlıları, Çam balı

ABSTRACT

ASSESSMENT OF KNOWLEDGE LEVELS OF MUGLA PROVINCE BEEKEEPERS ABOUT BEE DISEASES AND PESTS

Muğla is one of the most important beekeeping regions in Türkiye and has a geographical structure suitable for beekeeping thanks to its climate and large forest areas. According to TUİK data, the highest number of beekeeping enterprises and the highest number of beehives in our country in 2023 are in Muğla province. Muğla province is especially known for its pine honey production, and the pine honey obtained from black pine trees in its forest areas constitutes an important source of income for many farmers and producers in the region. Beekeepers who want to increase the bee population for pine honey production move their hives to the inner regions. Thus, beekeepers increase honey production and ensure the continuity of plant products by doing migratory beekeeping.

In this study, a survey was conducted on migratory beekeepers coming from Muğla Province to Afyonkarahisar, and the general situations of Muğla beekeepers, their knowledge levels about bee diseases and pests, and the problems they encounter were determined.

As a result of the study, it was determined that 61.81% of the beekeepers who participated in the survey had a primary school education level, 77.78% had 10 years or more beekeeping experience, and 81.25% owned 101 or more hives. The rate of beekeepers who regularly recorded information about their hives was 11.81%, while 74.31% kept information by placing

signs and stones on the hives. Marketing came first among the problems encountered by beekeepers, with a rate of 88.89%. It was determined that 88.19% of the beekeepers who participated in the survey could diagnose Nosema disease, 83.64% European and American foulbrood disease, and 79.17% lime disease without any help. Among these diseases, Nosema was seen in the apiaries of 90% of the beekeepers who participated in the survey in the last 3 years and 59.03% of these beekeepers used medicine against nosema disease. Varroa, a pest known by all the beekeepers who participated in the survey, was detected in the hives of all the beekeepers in the last 3 years. In addition, all beekeepers used medicine against varroa in the last 3 years. In addition to varroa, more than 90% of the beekeepers who participated in the survey can recognize wasps, honeycomb moths, bee eater and hedgehogs without any help from anyone.

Keywords: Mugla beekeepers, Bee diseases and pests, Pine honey

1. GİRİŞ

Türkiye, sahip olduğu kovan sayısı ve ürettiği arı ürünleriyle dünya arıcılık ekonomisinde kilit bir rol oynamaktadır (Çukur ve Çukur, 2021). Ülkemizin konumu ve zengin bitki örtüsü, arıcılık faaliyetlerinin gelişmesine büyük katkı sağlamaktadır (Özsayın ve ark., 2024).

Ege bölgesi içinde de Muğla ili arıcılık ve arı yetiştiriciliği konusunda öne çıkan başlıca merkezlerden biridir (Oskay ve ark, 2019). Muğla, arı yetiştiriciliği alanında Türkiye'nin en önemli şehirlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. İşletme ve koloni sayısındaki büyüklüğü ile arı ürünlerinin çeşitliliği açısından stratejik bir öneme sahip olan Muğla, hem Türkiye'nin hem de dünyanın çam balı üretiminde merkezi bir konumdadır (Özsayın ve ark., 2024).

2022 yılında dünya kovan sayısı bir önceki yıla göre %1,1 artarak 101 milyona ulaşmıştır. Hindistan %12,5 ile ilk sırada yer alırken, Çin %9,2 ile ikinci, Türkiye ise %8,9 ile üçüncü sırada yer almıştır (Burucu, 2024).

Çizelge 1. Dünya Ülkeleri Kovan Sayıları (Bin adet)

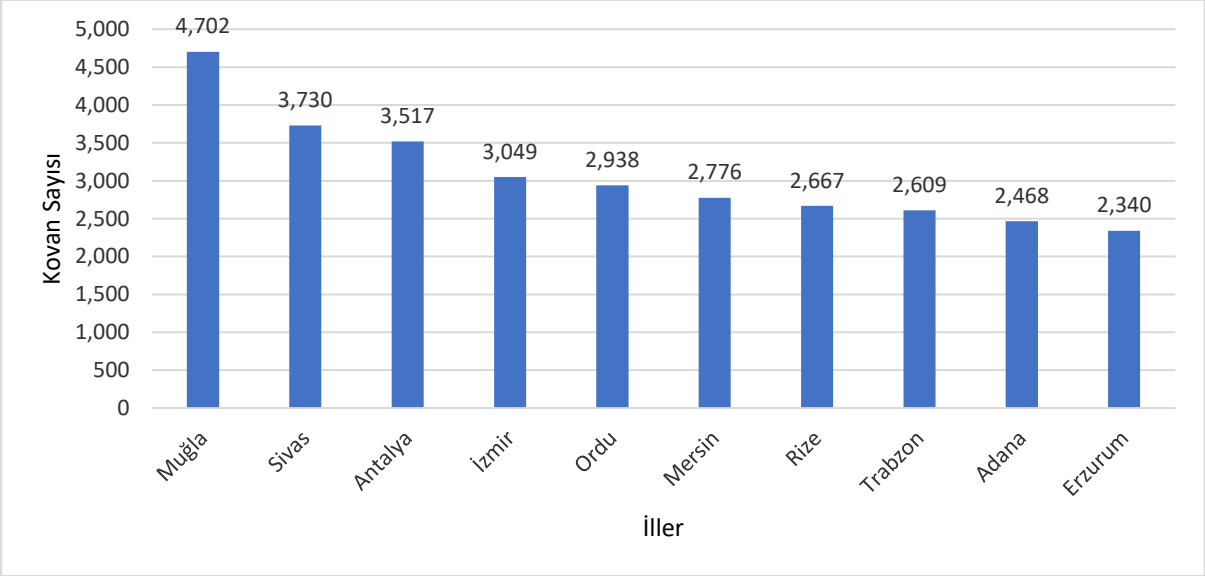
Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Hindistan	12.207	12.297	12.411	12.513	12.615
Çin	9.143	9.194	9.198	9.225	9.249
Türkiye	8.108	8.128	8.179	8.733	8.985
İran	6.947	7.160	7.213	7.372	7.575
Etiyopya	7.075	6.958	6.986	5.982	6.208
Tanzanya	2.978	3.030	3.038	3.057	3.077
Arjantin	2.921	2.977	2.971	2.973	2.976
Rusya Fed.	3.182	3.094	2.982	2.890	2.790

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ABD	2.828	2.812	2.706	2.697	2.667
Meksika	2.172	2.158	2.148	2.226	2.319
Diğer	38.940	40.098	41.047	42.180	42.535
Dünya	**96.501**	**97.906**	**98.879**	**99.848**	**100.996**

(Burucu, 2024), (FAOSTAT, 2024)

Çizelge 1'de görüldüğü gibi dünya kovan varlığı bakımından 3. Sırada yer alan ülkemiz dünya bal üretiminde ise Çin'in ardından ikinci sırada yer almakta olup, bal ülkemiz için stratejik öneme sahip bir üründür (Karakaş ve Bal, 2019). 2023 yılında, 1,7 milyon arılı kovan ile Türkiye toplam kovan sayısının %18,3'üne sahip olan Ege Bölgesi, lider konumdadır. Çam balı üretiminin yoğun olarak yapıldığı bu bölge, Türkiye arıcılığında önemli bir yere sahiptir ve bölgedeki kovanların %48,5'i Muğla'da bulunmaktadır (Burucu, 2024).
Görsel 1'de 2024 yılı TÜİK verilerine göre arıcılık işletmesi sayıları verilmiştir. Muğla ili 4.702 işletme sayısı ile 2023 yılında Ülkemizde ilk sırada yer almaktadır.



Görsel 1. 2023 Yılında Arıcılık İşletme Sayıları (İlk 10)

TÜİK 2024 verilerine bakıldığına 2023 yılında Ülkemizdeki işletme sayısının %4.68'i Muğla ilinde bulunmaktadır. Çizelge 2.'de Türkiye'deki işletme sayısı son yıllarda artış göstermiştir. Muğla ilinde ise tam tersi olarak işletme sayılarında azalma vardır.

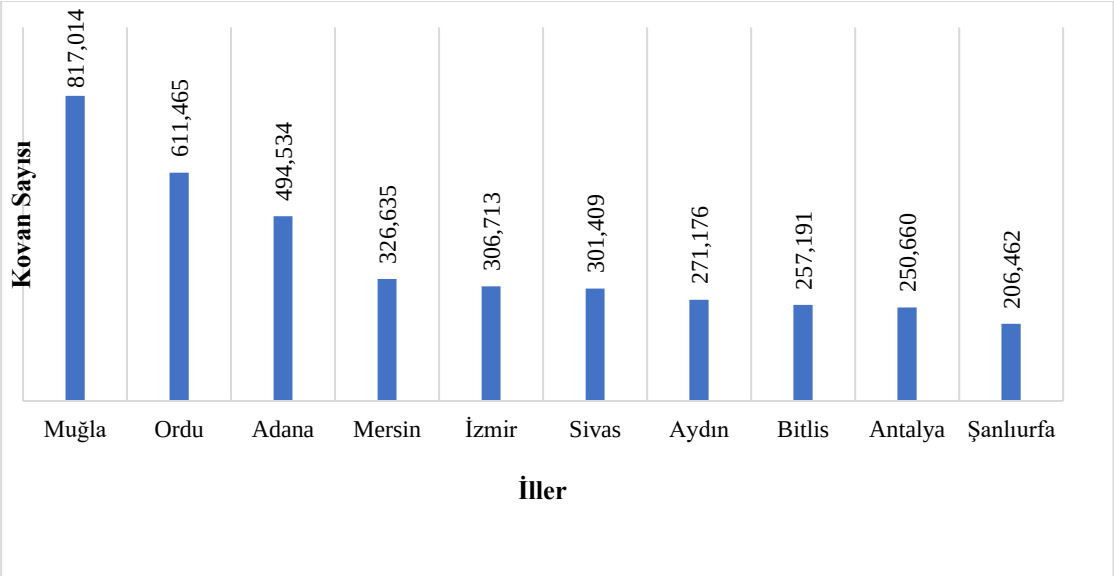
Çizelge 2. Ülkemiz ve Muğla İlinde Arıcılık Faaliyeti Yapan İşletme Sayısı

Yıllar	Muğla	Türkiye	Yüzde (%)
2014	4.435	81.108	5,47
2015	4.947	83.475	5,93
2016	4.833	84.047	5,75
2017	5.080	83.210	6,11
2018	4.710	81.830	5,76
2019	4.745	80.675	5,88
2020	4.741	82.862	5,72
2021	5.062	89.361	5,66
2022	4.894	95.386	5,13
2023	4.702	100.399	4,68

Kaynak, TÜİK, 2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ülkemizde arıcılık faaliyeti yapan işletmelerdeki kovan sayısına bakıldığında 2023 yılında Muğla ili 817.014 adet kovan sayısı ile birinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2024).



Görsel 2. 2023 Yılında İller bazında Kovan Sayıları (İlk 10 İl)

Çizelge 3'de Ülkemizde ve Muğla ilinde bulunan eski tip kovan, yeni tip kovan ve toplam kovan sayıları verilmiştir. Çizelge 3'de son yıllarda Muğla ilinde kovan sayısında düşme olmasına rağmen Türkiye genelinde düzenli olarak kovan sayısı artmaktadır.

Çizelge 3. Ülkemiz ve Muğla İlinde Arıcılık Faaliyeti Yapan İşletmelerdeki Kovan Sayısı

Yıllar	Eski Tip Kovan Sayısı			Yeni Tip Kovan Sayısı			Toplam Kovan Sayısı		
	Muğla	Türkiye	Yüzde (%)	Muğla	Türkiye	Yüzde (%)	Muğla	Türkiye	Yüzde (%)
2014	1.904	193.825	0,98	825.636	6.888.907	11,99	827.540	7.082.732	11,68
2015	2.618	222.635	1,18	992.484	7.525.652	13,19	995.102	7.748.287	12,84
2016	2.579	220.882	1,17	980.022	7.679.482	12,76	982.601	7.900.364	12,44
2017	2.723	194.406	1,40	955.605	7.796.666	12,26	958.328	7.991.072	11,99
2018	2.308	203.922	1,13	933.155	7.904.502	11,81	935.463	8.108.424	11,54
2019	2.723	198.992	1,37	915.393	7.929.368	11,54	918.116	8.128.360	11,30
2020	3.346	222.152	1,51	897.237	7.956.933	11,28	900.583	8.179.085	11,01
2021	2.368	277.089	0,85	946.899	8.456.305	11,20	949.267	8.733.394	10,87
2022	2.223	249.738	0,89	881.873	8.734.938	10,10	884.096	8.984.676	9,84
2023	2.141	255.494	0,84	814.873	8.969.387	9,09	817.014	9.224.881	8,86

Kaynak, TÜİK, 2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Muğla ilinde görülen kovan sayısındaki düşüşün son yıllarda çıkan orman yangınlarından dolayı olduğu tahmin edilmektedir.

Türkiye, dünya çam balı üretiminin %90'ını karşılarken, bu üretimin yaklaşık %80'i Muğla'da gerçekleştirilmektedir (Bahar ve Yılmaz, 2016). Muğla, çam balı üretimiyle tarih boyunca dünya çapında tanınmış ve bu alandaki ününü ünümüzde de sürdürmektedir. Kentte arıcılık, turizmden sonra gelen en önemli ekonomik faaliyetlerden biridir (Şahin ve Aydın, 2021).

Çizelge 4. Ülkemiz ve Muğla İlinde Üretilen Bal Miktarı (Ton)

Yıllar	Muğla	Türkiye	Yüzde (%)
2014	15.282	103.525	14,76
2015	15.206	108.128	14,06
2016	15.875	105.727	15,02
2017	15.867	114.471	13,86
2018	14.777	107.920	13,69
2019	14.688	109.330	13,44
2020	6.104	104.077	5,86
2021	3.820	96.344	3,97
2022	6.578	118.297	5,56
2023	8.082	114.886	7,03

Kaynak, TÜİK, 2024

Çizelge 4'de görüldüğü gibi Muğla ilinde bal üretimi son 10 yıl içinde yaklaşık %50 oranında düşüş yaşamıştır.
Çam balı, çam pamuklu böceğinin ürettiği salgılarla oluşan özel bir bal türüdür. Ancak son yıllarda iklim değişikliği ve orman yangınlarının etkisiyle böceğin doğal yayılış alanları daralmış, bu durum bal veriminde ciddi düşüşlere neden olmuştur (Oğuzoğlu ve Avcı, 2024).

Bu çalışmanın amacı arıcılık ve bal üretimi bakımından ülkemizde hatta dünyada önemli bir yere sahip olan Muğla ili arıcılarının arı hastalık ve zararlılarını kimsenden yardım almadan teşhis edebilmeleri ve bu ile zamanında ve doğru mücadele edip etmediklerini belirlemektir. Ayrıca Muğla ili turizmden sonra çam balı ile bilinmekte fakat bu çam balını üreten arıcılar hakkında çok az bilgi bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı hem ülkemizde hem de dünya genelinde arıcılık ve bal üretimi açısından önemli bir yere sahip olan Muğla ili arıcılarının, arı hastalıklarını ve zararlılarını kimseden yardım almadan teşhis edebilme yeteneklerini ve bu hastalık ve zararlılar ile zamanında ve etkili bir şekilde mücadele edip edemediklerini değerlendirmektir. Muğla, turizmin yanı sıra çam balı üretimi ile bilinmektedir. Ancak, çam balının üretiminde kilit rol oynayan arıcılar ve onların üretim süreçleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışma, arıcıların arı hastalıkları ve zararlıları konusundaki bilgi düzeylerini ortaya koyarak, bal üretiminin sürdürülebilirliğini ve Muğla ilindeki arıcılar hakkında daha detaylı bilgi sağlamayı hedeflemektedir.

2. MATERYAL METOD

Araştırmanın ana materyalini, Muğla'da arıcılık yapan ve arı kolonilerini güçlendirmek amacıyla Afyonkarahisar'a gelen gezginci arıcılara uygulanan anketlerden elde edilen veriler oluşturmuştur.

Anket soruları, katılımcıların yaşları, eğitim durumları ve arıcılık tecrübelerinin yanı sıra, arı hastalıkları ve zararlıları konusundaki bilgi birikimlerini ölçmeye yönelik hazırlanmıştır.
Ankete katılan arıcılara, hangi arı hastalık ve zararlılarını tanıyıp yardım almadan teşhis edebildikleri, kovanlarında bu sorunlardan hangilerinin görüldüğü, kimyasal ilaç kullanarak hangi hastalık ve zararlılarla mücadele ettikleri ve arılarına en fazla zarar veren hastalık ya da zararlının ne olduğu sorulmuş; alınan yanıtlar değerlendirilmiştir.
Ankete katılan arıcılara, çalışmanın yalnızca araştırma amaçlı olduğu belirtilmiş ve sorulara doğru, net cevaplar vermeleri teşvik edilmiştir. Elde edilen veriler, değişkenlerin aritmetik ortalamaları, minimum ve maksimum değerleri, frekansları ve yüzde (%) dağılımları kullanılarak değerlendirilmiştir

3. BULGULAR

Ankete katılan toplam 144 arıcının verdiği yanıtlar detaylı bir şekilde analiz edilerek sonuçlar değerlendirilmiş ve aşağıda verilmiştir.

3.1. Eğitim durumunuz nedir? Sorusuna verilen cevaplar

Ankete katılan arıcıların eğitim düzeylerine ilişkin dağılım Çizelge 5'te detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Katılımcıların büyük bir kısmını ilkokul mezunları oluşturmakta olup, bu oran %61,81 olarak tespit edilmiştir. Lise mezunu arıcılar %24,31 ile ikinci sırada yer alırken, ortaokul mezunlarının oranı %11,11 olarak belirlenmiştir. Üniversite mezunu arıcılar, %2,78 ile en az temsil edilen grubu oluşturmaktadır.

Çizelge 5. Eğitim Durumu (%)

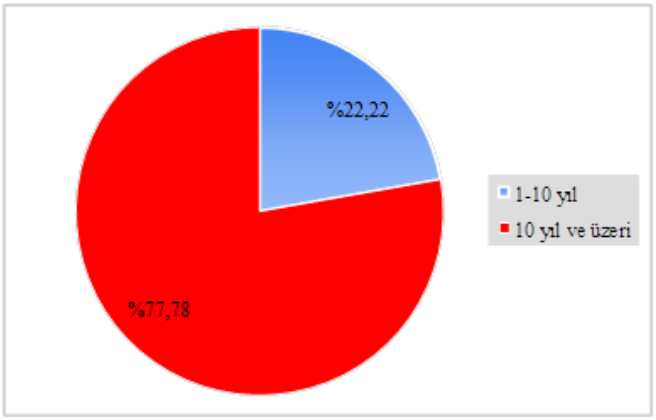
Eğitim Durumu	Yüzde (%)
İlkokul	61,81
Lise	24,31
Ortaokul	11,11
Üniversite	2,78

Anket sonuçları değerlendirildiğinde, arıcıların eğitim seviyelerinin ağırlıklı olarak ilkokul düzeyinde olduğu, üniversite mezunu arıcı sayısının ise sınırlı olduğu görülmektedir.

3.2. Kaç yıldır arıcılık yapıyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

Ankete katılan arıcıların arıcılık tecrübesi incelendiğinde, %22,22'sinin 1 ile 10 yıl arasında bir süre boyunca arıcılık faaliyetlerini sürdürdüğü tespit edilmiştir. Buna karşılık, katılımcıların büyük bir çoğunluğunu oluşturan %77,78'inin ise 10 yılın üzerinde deneyime sahip olduğu belirlenmiştir.

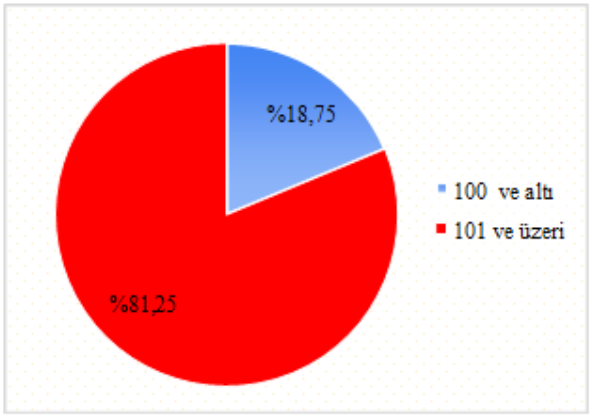
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3. Arıcılık Yapma Süresi (Tecrübe) (%)

3.3. Arılı kovan sayınız ne kadar? Sorusuna verilen cevaplar

Ankete katılan arıcıların %18,75'inin 100 ve altında kovana sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, katılımcıların büyük bir çoğunluğu olan %81,25'i ise 100'ün üzerinde kovana sahiptir. Bu durum, Muğla'dan gezginci olarak faaliyet gösteren arıcıların genellikle daha fazla sayıda kovana sahip olduklarını göstermektedir.



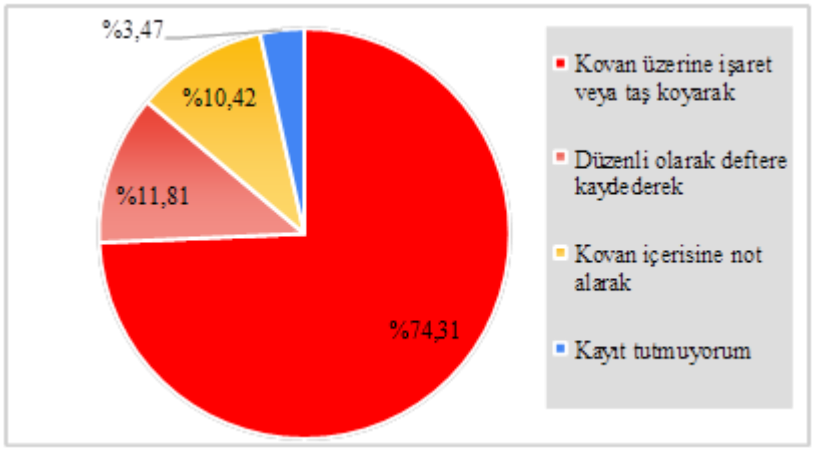
Görsel 4. Kovan sayıları (%)

Gezginci arıcıların genellikle fazla kovan sayılarıyla çalışması, bal üretim potansiyellerinin daha yüksek olduğunu ve ekonomik manada üretim yaptıklarını göstermektedir.

3.4. Arı ve kovanlarınıza ait bilgileri nasıl topluyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

Ankete katılan arıcıların kovanlarına ilişkin bilgi toplama ve kayıt tutma yöntemleri incelendiğinde, %74,31'inin kovanlarının üzerine işaret veya taş koyarak bilgi topladığı belirlenmiştir. Katılımcıların %11,81'i düzenli olarak yazılı kayıt tutma alışkanlığına sahipken, %10,42'si kovanların içine not alma yöntemiyle kayıt tuttuğunu ifade etmiştir. %3,47'lik bir kesimin ise herhangi bir kayıt tutmadığı tespit edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 5. Kayıt Tutma (%)

Arıcıların büyük bir kısmının kayıt tutma konusunda daha pratik ve kolay olan geleneksel yöntemleri tercih ettiğini, ancak düzenli ve sistematik bir kayıt tutma alışkanlığının yaygın olmadığı belirlenmiştir.

3.5. Hangi Arı Hastalıklarını biliyor ve yardım almadan teşhis edebiliyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

Anket sonuçlarına göre Çizelge 6'da görüldüğü gibi arıcıların en fazla tanıdığı hastalığın %88,19 ile Nosema Hastalığı olduğunu göstermektedir. Bu durum, Nosema'nın arıcılar arasında en yaygın bilinen hastalık olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 6. Arı Hastalıkları Bilme Oranları (%)

Hastalıklar	Yüzde (%)*
Nosema Hastalığı	88,19
Amerikan Yavru Çürüklüğü	82,64
Avrupa Yavru Çürüklüğü	82,64
Kireç Hastalığı	79,17
Taş Hastalığı	56,94
Septisemi Hastalığı	25,69

*Arıcılar birden fazla seçenek işaretlemiştir.

Amerikan Yavru Çürüklüğü ve Avrupa Yavru Çürüklüğü, %82,64 oranıyla ikinci sırada yer almakta ve bu hastalıkların da arıcılar arasında oldukça tanınan hastalıklar olduğunu göstermektedir.

Kireç Hastalığı, %79,17 oranında tanınarak yüksek bir bilinirlik seviyesine ulaşırken, Taş Hastalığı %56,94 oranıyla daha az bilinen hastalıklar arasında yer almaktadır. En düşük bilinirlik ise %25,69 ile Septisemi Hastalığına ait olup, bu hastalığın arıcılar tarafından en az tanınan hastalık olduğu anlaşılmaktadır.

3.6. Son 3 yılda arılığında görülen hastalıklar hangileri? Sorusuna verilen cevaplar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Son üç yıl içinde arıcıların arılıklarında görülen hastalıklara ilişkin veriler incelendiğinde Nosema Hastalığı %90,28 ile en yaygın görülen hastalık, %75 ile Kireç hastalığı ikinci sırada, %45,14 ile Avrupa yavru çürüklüğü hastalığı 3. Sırada yer almaktadır (Çizelge 7.).

Çizelge 7. Son 3 yılda Arı Kovanlarında Görülen Hastalıklar (%)

Hastalıklar	Yüzde (%)*
Nosema Hastalığı	90,28
Kireç Hastalığı	75,00
Avrupa Yavru Çürüklüğü	45,14
Amerikan Yavru Çürüklüğü	40,97
Taş Hastalığı	20,83
Septisemi Hastalığı	8,33
Diğer	
Adi Yavru Çürüklüğü	6,25

*Arıcılar birden fazla seçenek işaretlemiştir.

Taş Hastalığı %20,83 oranında görülürken, Septisemi Hastalığı %8,33 ile daha az rastlanan hastalıklar arasında yer almıştır. Ankete katılan arıcılar %6,25'i diğer seçeneğini işaretleyerek arılıklarında Adi Yavru Çürüklüğü hastalığı olduğunu bildirmişlerdir.

3.7. Hangi Arı Zararlılarını biliyor ve yardım almadan teşhis edebiliyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

Arıcıların arı zararlılarını bilme ve kendi başlarına teşhis etme oranlarını Çizelge 8'de verilmiştir. Verilere göre, Varroa zararlısı %100 oranında bilinmekte olup, bu zararlının tüm arıcılar tarafından teşhis edilebildiği görülmektedir.

Çizelge 8. Arı Zararlılarını Bilme Oranları (%)

Zararlılar	Yüzde (%)*
Varroa	100,00
Eşek Arısı	96,53
Petek Güvesi	93,75
Arı Kuşu	90,28
Kirpi	90,97

*Arıcılar birden fazla seçenek işaretlemiştir.

Eşek Arısı, %96,53 oranında tanınma oranıyla arıcılar tarafından en çok bilinen ikinci zararlı olarak öne çıkmaktadır. Petek Güvesi ise %93,75 oranıyla üçüncü sırada yer almaktadır. Arı Kuşu ve Kirpi, sırasıyla %90,28 ve %90,97 oranlarında bilinirlik oranına sahiptir. Bu durum, her iki zararlının da arıcılar tarafından yaygın olarak tanındığını ve kolayca teşhis edilebildiğini göstermektedir.

3.8. Son 3 yılda arılığında görülen zararlılar hangileri? Sorusuna verilen cevaplar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 9'da görüldüğü gibi, ankete katılan tüm arıcılarda varroa %100 oranında görülerek, arıcıların karşılaştığı en yaygın zararlı olmuştur. Eşek Arısı, %95,14 oranında görülme sıklığıyla ikinci sırada yer almakta ve ciddi bir tehdit oluşturduğu anlaşılmaktadır. Petek Güvesi ve Arı Kuşu, %90,97 oranıyla üçüncü sırayı paylaşmakta olup, bu zararlıların da oldukça yaygın olduğunu görülmektedir. Kirpi, %88,19 oranında görülen bir zararlı olup arıcılık faaliyetlerini olumsuz etkileyecek düzeydedir.

Çizelge 9. Son 3 Yılda Arılığında Görülen Zararlılar (%)

Türkiye Geneli	Yüzde (%)*
Varroa	100,00
Eşek Arısı	95,14
Petek Güvesi	90,97
Arı Kuşu	90,97
Kirpi	88,19

*Arıcılar birden fazla seçenek işaretlemiştir.

Bu verilere göre, tüm arı zararlıları yüksek oranlarda görülmekte olup, bu durum arıcılık sektöründe önemli sorunlara yol açmaktadır.

3.9. Son 3 yılda arılarına en fazla zarar veren etmen hangisidir? Sorusuna verilen cevaplar Ankete katılan arıcılar için son üç yılda arılara en fazla zarar veren etmenin varroa zararlısı olduğu görülmektedir. Eşek arısı, %6,94 ile ikinci sırada yer almakta olup, arı kuşu ve Nosema, sırasıyla %2,78 ve %2,08 oranlarıyla daha az etkili zararlılar olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 10. Arılara En Fazla Zarar Veren Etmen (%)

Hastalık ve Zararlılar	Yüzde (%)
Varroa	86,81
Eşek Arısı	6,94
Arı Kuşu	2,78
Nosema	2,08
Petek Güvesi	1,39
Amerikan Yavru Çürüklüğü	0,00
Avrupa Yavru Çürüklüğü	0,00
Kirpi	0,00
Kireç Hastalığı	0,00
Septisemi Hastalığı	0,00
Taş Hastalığı	0,00
Diğer	0,00

Kirpi, Amerikan ve Avrupa yavru çürüklüğü, septisemi ve kireç hastalığı gibi etmenlerin hiç bir arıcı tarafından seçilmemesi dikkat çekicidir. %86,81 gibi yüksek bir oranla öne çıkan varroa, arıcılar için en önemli sorunlardan biridir.

3.10. Arıcılık faaliyetinde karşılaştığınız sorunlar nelerdir? Sorusuna verilen cevaplar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anket verilerine göre en sık görülen soru %88,89 ile pazarlamadır. İkinci sırada konaklama (%86,11), üçüncü sırada arıcılık malzemelerinin pahalı olması (%73,61) gelmektedir. Sahte bal üretimi nedeniyle tüketici güveninin azalması, arıcıların yüzde 70,83'ü tarafından dile getirilmiştir. Bitkisel üretimde kullanılan kimyasal ilaçların arılara zarar vermesi de yüzde 66,67 ile önemli bir problem olarak öne çıkmıştır. Desteklerin yetersizliği yüzde 27,78 oranında bir sorun olarak belirtilirken, Varroa zararlısına karşı toplu mücadelenin yetersizliği yüzde 15,28 ile bu listeye dahil olmuştur. Kuraklık yüzde 12,50 oranında bir tehdit olarak görülürken, devlet kontrolünün eksikliği yüzde 9,72 olarak ifade edilmiştir. Bal ormanlarının yetersizliği yüzde 9,03, ana arı temininde yaşanan sıkıntılar yüzde 6,94, gezginci arıcılarla ilgili problemler yüzde 5,56 ve onların getirdiği hastalık ve zararlılar yüzde 4,86 oranında dile getirilmiştir.

Çizelge 11. Arıcılık Faaliyetinde Karşılaşılan Sorunlar (%)

Sorunlar	Yüzde (%)*
Pazarlama	88,89
Konaklama	86,11
Arıcılık Malzemelerinin pahalı olması	73,61
Sahte Ballardan dolayı güven eksikliği	70,83
Bitkisel Üretimde Kullanılan İlaçlar	66,67
Birliklerin faaliyet ve etkinliğinin olmaması	56,94
Nakliye	50,00
Desteklerin Yetersizliği	27,78
Varroaya karşı toplu mücadelenin yetersizliği	15,28
Kuraklık	12,50
Devlet kontrolümün olmaması	9,72
Bal Ormanlarının yetersizliği	9,03
Ana arı tedarik edememe	6,94
Gezginci arıcılar	5,56
Gezginci arıcıların getirdiği hastalık ve zararlılar	4,86

*Arıcılar birden fazla seçenek işaretlemiştir.

Çizelge 11'de görüldüğü gibi arıcılık sektöründe çözüm bekleyen geniş bir sorun yelpazesi olduğunu göstermektedir ve bu sorunların çözülmesi sektörün sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır.

3.11. Aşağıdaki Nosema (halk arasında "Sürüngeç" diye bilinen) hastalığına neden olan etmenlerden hangilerini biliyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 12 arıcıların Nosema hastalığına neden olan etmenler hakkındaki bilgi düzeylerini göstermektedir. Arıcıların yüzde 47,22'si bu hastalığın etmenlerini bilmediğini belirtmiştir. Her ikisini de bilenlerin oranı yüzde 20,83'tür

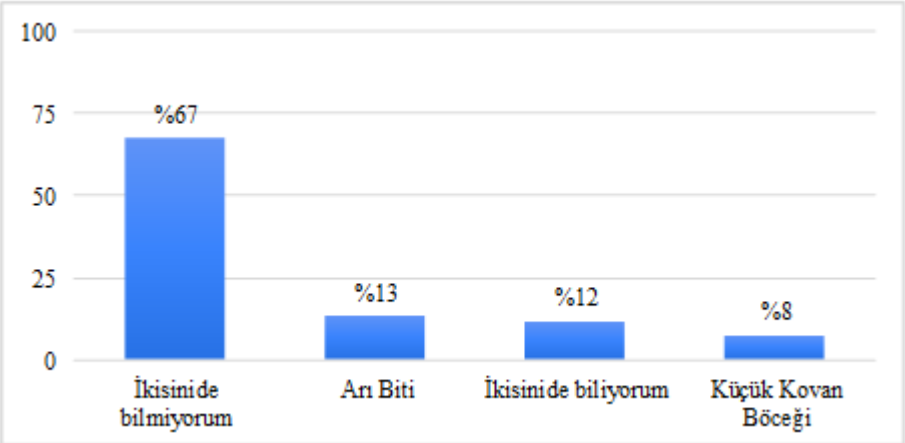
Çizelge 12. Nosema Hastalığı Etmenini Bilme Oranları (%)

Seçenekler	Yüzde (%)
Bilmiyorum	47,22
İkisinide biliyorum	20,83
Nosema cerenae	18,75
Nosema apis	13,19

Sadece *Nosema ceranae*'yi bilen arıcıların oranı yüzde 18,75, *Nosema apis'*i bilenlerin oranı ise yüzde 13,19'dur. Bu veriler, arıcıların çoğunluğunun hastalık etmenlerine dair sınırlı bilgiye sahip olduğunu göstermektedir.

3.12. Aşağıdaki arı zararlılarından hangilerini biliyorsunuz? Sorusuna verilen cevaplar

Ankete katılan arıcılara arı biti ve küçük kovan böceğini bilip bilmedikleri sorulmuş ve cevaplar Görsel 6'da verilmiştir. Ankete katılanların %67 gibi yüksek bir bölümünün ikisini de bilmiyorum, %13'ü Sadece arı bitini biliyorum, %12'si her ikisini de biliyorum, %8' küçük kovan böceğini biliyorum seçeneğini işaretlemiştir.

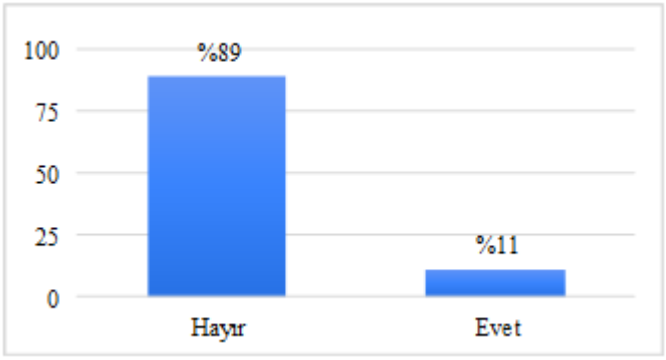


Görsel 6. Görsel Açıklaması

Ankete katılanların %67 gibi oldukça yüksek bir oranı "İkisini de bilmiyorum" cevabını vermesi arıcıların büyük bir kısmının bu zararlılar hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığını ve bu konuda ciddi bir farkındalık eksikliği olduğunu göstermektedir.

3.12. Varroa ile Arı biti arasındaki farkı biliyor musunuz? Sorusuna verilen cevaplar

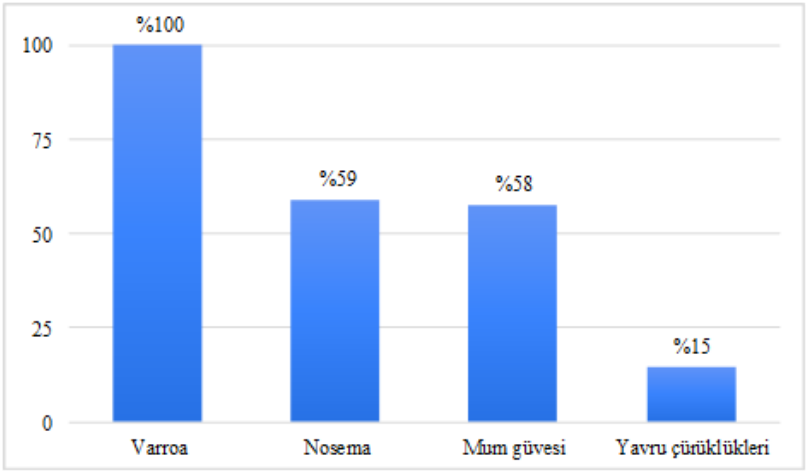
Ankete katılan arıcıların büyük bir çoğunluğu (%89) Görsel 7'de görüldüğü gibi varroa ile arı biti arasındaki farkı bilmediklerini belirtirken, yalnızca %11'i bu farkı bildiğini belirtmiştir.



Görsel 7. Varroa ile Arı Biti Arasındaki Farkı Bilenler (%)

3.13. Arılarınıza son 3 yılda hangi etmenler için ilaç verdiniz? Sorusuna verilen cevaplar

Tüm arıcılar (%100) Varroa zararlısına karşı ilaç kullandıklarını belirtmiştir. Arıcıların %59'u, Nosema hastalığına karşı ilaç kullandıklarını ifade etmiştir. Arıcıların %58'i, mum güvesine karşı ilaçlama yaptıklarını bildirmiştir. Yavru çürüklükleri için ilaçlama oranı %15 ile diğer etmenlere göre daha düşüktür.



Görsel 8. Son 3 Yılda İlaç Kullanılan Etmenler (%)

Arıcıların önceliklerini ve mücadele ettikleri zararlıların önem sırasını ortaya koymaktadır. Varroa ile mücadele öncelikli bir sorun olarak öne çıkarken, diğer zararlı ve hastalıklar için ilaç kullanımı daha düşük seviyelerde kalmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ankete katılan arıcıların çoğunluğu ilkokul mezunu (%61,81), %77,78'inin 10 yılın üzerinde deneyim ve tecrübeye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların büyük kısmı (%81,25) 100'ün üzerinde kovana sahip olduğu belirlenmiştir. Kayıt tutma alışkanlıkları incelendiğinde, çoğu arıcı (%74,31) kovanlarını işaretleyerek bilgi toplamakta, yalnızca %11,81'i yazılı kayıt tutmaktadır.

Hastalıklar arasında en çok bilinen Nosema (%88,19) olurken, Amerikan ve Avrupa Yavru Çürüklüğü de (%82,64) yaygın şekilde tanınmaktadır. Zararlılara gelince, Varroa tüm arıcılar tarafından bilinmekte ve %100 oranında görülerek en önemli sorun olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Eşek Arısı (%96,53) ve Petek Güvesi (%93,75) de yaygın olarak tanınan diğer zararlılar arasındadır.

Borum'un 2017 yılında yaptığı çalışmada, Güney Marmara Bölgesi'ndeki Yalova, Bilecik, Bursa, Balıkesir ve Çanakkale'deki arıcıların durumları incelenmiş; arıcıların %100'ünün varroa, %77,5'inin yavru çürüklüğü, %83,75'inin kireç hastalığı ve %2,5'inin taş hastalığına sıklıkla rastladığı, kayıplarının ise %80'inin hastalıklardan, %12,5'inin zirai ilaçlardan ve %7,5'inin açlıktan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Arıcıların neredeyse tamamı varroa ve yavru hastalıklarını tanıdığını, yaklaşık %95'inin ise varroaya karşı kimyasal mücadele yöntemlerini kullandığını ifade etmiştir (Demen, 2015).

Arıcıların kolonilerinde en sık karşılaştıkları ve arı hastalıkları ile zararlıları arasında en önemli sorun olarak varroa zararlısının öne çıktığı belirlenmiştir (Takma ve ark., 2019)

Gökdemir ve Güneşdoğdu'nun 2023 yılında Artvin ilinde yaptığı çalışmada, arıcıların büyük bir bölümünün yavru çürüğü, varroa paraziti, Nosema hastalığı ve kireç hastalığını tanıyabildiği belirtilmiştir.

Sektörün en büyük sorunları arasında pazarlama (%88,89) ve konaklama (%86,11) ön plana çıkarken, arıcılık malzemelerinin yüksek maliyeti (%73,61) ve kimyasal ilaçların arılara verdiği zarar (%66,67) önemli problemler arasında yer almaktadır. Varroa zararlısı, tüm arıcılar için en büyük tehdit olarak tanımlanmış ve mücadelede ilaç kullanımı birincil yöntem olmuştur. Nosema hastalığına karşı ilaç kullananların oranı %59, mum güvesine karşı ise %58 olarak

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

tespit edilmiştir. Bu veriler, arıcılık sektörünün hem yapısal hem de çevresel birçok sorunla karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

Pazarlama sorunu, Türkiye'deki arıcılık işletmelerinin karşı karşıya olduğu en ciddi sorunlardan biridir (Şahin ve ark., 2021).

Arıcılık sektörü, finansman sorunları, gezginci arıcıların konaklama problemleri ve işletmelerin kapasite eksiklikleri gibi yapısal sorunlarla karşı karşıyadır. Bu durum, işletmelerin verimliliğini ve ülke ekonomisine katkısını olumsuz etkilemektedir. Çözüm için sektör envanteri çıkarılmalı, gezginci arıcılara yönelik konaklama alanları oluşturulmalı ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile yönlendirme ve kontrol mekanizmaları geliştirilmelidir (Söğüt ve ark., 2019), (Aksoy ve ark., 2022).

Markalaşma ve reklam çalışmaları, işletmelerin tanıtımını güçlendirmesi ve gelirlerini artırması açısından kritik öneme sahiptir. Bu sayede işletmeler, ulusal pazarlardan uluslararası arenaya açılarak daha geniş bir müşteri kitlesine ulaşabilir. Ayrıca, bu tür çalışmalar ülkelerin ihracat gelirlerini artırarak ekonomik büyümeye de katkı sağlayabilir (Varalan ve Çevrimli, 2023)

Bal arıları, tozlaşma, ürün verimliliği ve biyoçeşitliliğin korunması açısından hayati öneme sahip organizmalardır. Aynı zamanda, bal ve bal ürünleri birçok canlı için değerli bir besin kaynağıdır. Ancak arı parazitleri, vektörler ve tarımsal zararlılarla mücadelede aşırı pestisit kullanımı, bal arısı ölümlerine ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum, tarımsal ürünlerin hem kalitesinde hem de miktarında düşüşe yol açabilmektedir (Polat ve ark., 2020). Son yıllarda, dünya genelinde ve Türkiye'de bal arısı kovanlarındaki ölümler dikkat çekici şekilde artmıştır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler, bal arılarının bu maddelere karşı hassasiyeti nedeniyle sağlıklarını ciddi şekilde tehdit etmektedir (Ergün ve Altıntaş, 2022).

Yapılan araştırmalar arı ölümleri üzerinde sıklıkla dursa da 2024 yılı FAOSTAT ve TÜİK verilerine bakıldığında, dünya genelinde ve Türkiye'de her geçen yıl arı kovanı sayısında artış görülmektedir. Örneğin, 2022 yılında Hindistan'da kovan sayısı %0,8, Çin'de %0,3 ve Türkiye'de %2,9 oranında artmıştır. Kıtalar bazında ise Asya'da %1,5, Avrupa'da %0,9 ve Afrika'da %1,7 oranında artış kaydedilmiştir (Burucu, 2024). Bu veriler, arı ölümlerine ilişkin endişelere rağmen kovan sayılarında gözle görülür bir artış olduğunu ortaya koymaktadır.

TEŞEKKÜR

Afyonkarahisar Arı Yetiştiricileri Birliği danışmanı Hasan Hüseyin YAKŞİ'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Çukur, F., & Çukur, T. (2021). Muğla ili arıcılık potansiyelinin apiturizm açısından değerlendirilmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 27(2), 113-122. https://doi.org/10.24181/tarekoder.882927

2. Özsayın, D., Akbağ, H. I., & İnce, B., Arıcılık işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı ve sorunları: Muğla ili Fethiye ilçesi örneği, Ege 11th International Conference on Applied Sciences, 1-3 Haziran 2024, İzmir, Türkiye, ISBN: 978-625-6283-28-2.

3. Oskay, D., Kükrer, M., & Kence, A. (2019). Muğla bal arısında (Apis mellifera anatoliaca) Amerikan yavru çürüklüğü hastalığına karşı direnç geliştirilmesi. Arıcılık Araştırma Dergisi, 11(1), 8-20.

4. Burucu, V., Ürün raporu: Arıcılık, Tarım Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024.

5. FAOSTAT (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/#home (Erişim tarihi: 19.12.2024).

6. Karakaş, G., & Bal, H. S. G. (2019). The relationship between honey yield and environmental pollutants in Turkey. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(11), 2018-2024.

7. Şahin, Ö., & Aydın, A. (2021). Kültürel, gastronomik ve turistik değer: Muğla'da arıcılık ve özel Muğla Arıcılık Müzesi örneği. Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 5(1), 459-473. © 2021 Türk Turizm Araştırmaları Dergisi.

8. Aksoy, A., Özbek, E., & Özdemir, F. N. (2022). Türkiye'de gezginci arıcılık sektörüne ekonomik bir bakış. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 9(4), 1051-1061.

9. Söğüt, B. vd. (2019). Arıcılık işletmelerinde mevcut durum, temel sorunlar ve çözüm önerileri üzerine bir araştırma (Bingöl ili örneği). Uludağ Arıcılık Dergisi, 19(1), 50-60.

10. Polat, B., Özüiçli, M., Çetin, H., & Aydin, L. (2020). The effects of pesticide usage on honey bee health and products. Veteriner Fakültesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi, 39(2), 128-134.

11. Ergün, H., & Altıntaş, L. (2022). Pestisitlerin arı yetiştiriciliğine etkisi. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 13(1), 26-46. https://doi.org/10.38137/vftd.1075708.

12. Bahar, O., & Yılmaz, E. (2016). Arı turizmi ve Muğla'da uygulanabilirliği. 5th International Muğla Beekeeping and Pine Honey Congress, 1-5 November, 537, Fethiye, Turkey.

13. Oğuzoğlu, Ş., & Avcı, M. (2024). Çam balı kaynağı çam pamuklu koşnilinin, Marchalina hellenica (Gennadius, 1883) (Hemiptera: Marchalinidae) çam ormanlarına bulaştırılması ve Burdur ilindeki durumu. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 26(1), 100-109. https://doi.org/10.24011/barofd.1383156

14. Varalan, A. (2023). Arıcılık işletmelerinde risk faktörlerinin belirlenmesi; Kars ili örneği. (Yüksek Lisans). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

15. Demen, H. (2015). Diyarbakır ilinde arıcılığın yapısı ve sorunların belirlenmesi üzerine bir araştırma. (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

16. TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 19.12.2024).

17. Borum, A. E. (2017). Güney Marmara Bölgesi'nde Aricilik Anket Çalişmasi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 17(1), 24-34.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

18. Takma, Ç., Kösoğlu, M., Topal, E., Özkırım, A., Taşkıran, N. Ö., & Karaca, Ü. (2019). İzmir İli arıcısının arı hastalık ve zararlılarına bakışı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(2), 187-193.

19. Gökdemir, F. G., & Güneşdoğdu, M. (2023). Artvin İli Arı Yetiştiriciliğinin Yapısının Araştırılması; Borçka İlçesi Örneği. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(2), 31-36.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TÜRKİYE KAYISI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SORUN OLAN BÖCEKLER VE BÖLGESEL DAĞILIMLARI

Arş. Gör. Dilek DOĞAN

Iğdır Üniversitesi/Ziraat Fakültesi

dilek.dogan@igdir.edu.tr - 0000-0001-9692-7211

Öğr. Gör. Nagihan KILIÇ

Iğdır Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

nagihan.kilic@igdir.edu.tr- 0000-0002-7746-8125

ÖZET

Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve küresel salgın sebebiyle tarım ve gıda sektörü önemli bir yere sahiptir. Ülkelerin tarımsal üretimde sürdürülebilirliği, kendine yeterlilik düzeyleri ve gıdaya ulaşım koşulları önemli faktörler olmuştur. Kayısı dünyada ekonomik olarak Orta Asya ve Çin'de yetiştirilmeye başlamakta olup Türkiye'de ise her bir bölge, üretim yoğunluğu ve çeşitlilik açısından farklılık göstermekte olan Malatya, Elâzığ-Erzincan-Sivas, Akdeniz, Kars-Iğdır, Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde geniş çapta üretilen bir meyve türüdür. Kayısı üretimini sınırlayan faktörlerden en önemlilerden biri böceklerdir. Türkiye'de bizim açımızdan önemli bir yere sahip olan Kayısı'da önemli zararlı böcekler bulunmaktadır. Bu böceklerden, Şeftali güvesi **(*Anarsia lineatella* (Zeller, 1839)), Doğu meyve güvesi (*Cydia molesta* (Busck,), Fidan dipkurtları (*Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1758)), Kiraz yazıcıböceği (*Scolytus rugulosus* (Müll.)), Erik koşnili (*Sphaerolecanium prunastri* (Boyer de Fonscolombe, 1834)), Erik unlu yaprakbiti (*Hyalopterus pruni* (Geofry.)), Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)), İki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae* Koch).** Kayısı üretiminde yaşanan bu zararlı sorunları, üretim miktarlarının düşmesine, ürün kalitesinin bozulmasına ve nihayetinde ekonomik zarara yol açabilmektedir. Bu nedenle, kayısı zararlılarıyla etkili mücadele hem üretim miktarlarının sürdürülebilirliği açısından hem de ekonomik kaybın önüne geçmek açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu derlemede önemli zararlı böcekler ve yayılışları verilerek, meyvenin kalitesini korumak ve çiftçilerin ekonomik kayıplarını en aza indirmek açısından kritik önemdedir.

Anahtar Kelimeler: Kayısı, Türkiye, Zararlı Böcekler

Giriş

Kayısı, tarihsel olarak Orta Asya ve Çin'de yetiştirilmeye başlanan, günümüzde ise özellikle Akdeniz iklimine sahip ülkelerde geniş çapta üretimi yapılan bir meyve türüdür (Asma, B. ve ark., 2017).

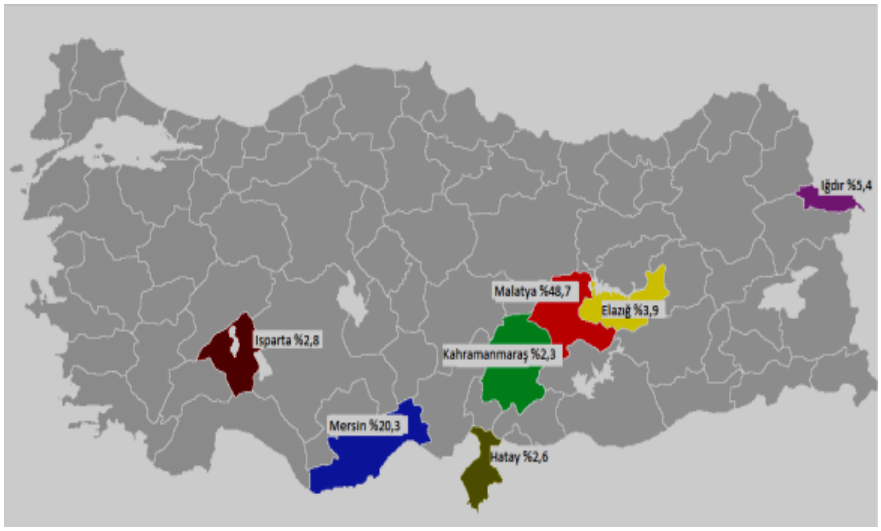
Dünya genelinde yıllık kayısı üretimi yaklaşık 4 milyon ton civarındadır. Türkiye, dünya kayısı üretiminin %60'ını gerçekleştirerek, bu alanda ilk sıralarda yer alır. Özellikle Malatya kayısısı, yüksek kalitesi ve besin değeri ile dünya çapında büyük bir üne sahiptir. Türkiye'nin yıllık ortalama 800 bin ton taze kayısı üretimi bulunmaktadır ve bunun önemli bir kısmı kurutularak ihraç edilmektedir. Türkiye'nin kuru kayısı ihracatı dünya pazarının %80'ini karşılamakta ve bu da ülke ekonomisine ciddi bir katkı sağlamaktadır (Asma ve ark., 2017).

Türkiye'de kayısı üretim alanları, coğrafi özellikleri, üretim miktarları ve değerlendirme kriterlerine göre yedi farklı bölgeye ayrılmaktadır. Bu bölgeler; Malatya, Elâzığ-Erzincan-Sivas,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Akdeniz, Kars-Iğdır, Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgeleridir. Her bir bölge, üretim yoğunluğu ve çeşitlilik açısından farklılık göstermekte olup, toplam kayısı üretiminin yarısından fazlası Malatya bölgesinde gerçekleştirilmektedir (Kilic ve ark., 2023)

Türkiye'nin kayısı üretiminde en bilinen il Malatya olsa da Iğdır ili de kayısı tarımında önemli bir yere sahiptir. Iğdır, mikroklima özelliği taşıyan iklim yapısı sayesinde tarımda özel bir konuma sahiptir ve kayısı üretimi açısından oldukça verimli alanlara sahiptir. Iğdır'da yetiştirilen kayısılar, özellikle tatlı ve aromatik özellikleriyle bilinir. Yıllık ortalama kayısı üretimi 40 bin ton civarındadır ve bu üretim miktarıyla Iğdır, Türkiye'nin önemli kayısı üretim merkezlerinden biri olarak öne çıkar. Türkiye'de kayısı üretiminin en yoğun olduğu il Malatya'dır, onu sırasıyla Mersin, Kahramanmaraş, Iğdır, Elâzığ, Hatay, Antalya, Kayseri, Sivas ve Isparta takip etmektedir. Ağaç başına verim miktarına bakıldığında ise, en yüksek verim Iğdır'da elde edilmektedir. Iğdır'ı Mersin ve ardından Kars izlemektedir. Kars'ın üçüncü sırada yer almasının nedeni ise, bölgede Şalak kayısı çeşidinin yetiştirilmesidir (Karadeniz, ve Doğru Çokran, 2020).



Şekil 1. Türkiye kayısı üretim miktarının il bazında dağılım haritası (2021, %)

Kayısı üretiminde yaşanan zararlı sorunları, üretim miktarlarının düşmesine, ürün kalitesinin bozulmasına ve nihayetinde ekonomik zarara yol açabilmektedir. Zararlılar nedeniyle hasat edilmeden dökülen meyveler veya meyve kalitesinin düşmesi, kayısı pazarında rekabet gücünü de zayıflatabilir. Bu nedenle, kayısı zararlılarıyla etkili mücadele hem üretim miktarlarının sürdürülebilirliği açısından hem de ekonomik kaybın önüne geçmek açısından büyük bir öneme sahiptir (Kilic ve ark., 2023)

Ancak, kayısı üretiminde özellikle sofralık kayısı çeşitlerinde raf ömrünün kısa olması, farklı iklim koşullarına adaptasyonun az olması, ilkbahar geç donlarının zararları ve en önemlisi meyvenin bitkinin verim ve kalitesini olumsuz yönde etki gösteren birçok "**biyotik"** ve **"abiyotik"** faktörler mevcuttur. Bunlardan biriside entomolojik sorunlardır. Zararlılar, kayısı ağaçlarının hem verimini hem de meyve kalitesini olumsuz etkileyebilir. Zararlıların tespiti, entegre mücadele yöntemlerinin etkin kullanımı, kayısı ağaçlarının sağlıklı gelişimi için büyük bir rol oynar. Zararlılara karşı alınacak önlemler, meyvenin kalitesini korumak ve çiftçilerin ekonomik kayıplarını en aza indirmek açısından kritik önemdedir. Bu zararlıların başında;

Takım	Familya	Tür
Lepidoptera	Gelechiidae	***"Anarsia lineatella"*** (Zeller, 1839) Şeftali güvesi
	Tortricidae	***"Cydia molesta"*** *(Busck,)* Doğu meyvegüvesi ***Archips rosanus*** L.
Coleoptera	Buprestidae	***"Capnodis tenebrionis"*** (Linnaeus, 1758) Fidan dipkurtları
	Scolytidae	***"Scolytus rugulosus"*** **(**Müll.) Kiraz yazıcıböceği,
	Melolonthidae	***"Melolontha melolantha"*** L. ***"Polyphylla fullo"*** L.
Hemiptera	Coccidae	***"Sphaerolecanium prunastri"*** (Boyer de Fonscolombe, 1834) Erik koşnili ***"Palaeolecanium bituberculatum"*** Targ.-Tozz
	Lygaeidae	**"*Lygaeus equestris"*** (Linnaeus, 1758)
	Pentatomidae	***"Dolycoris baccarum"*** (Linnaeus, 1758) Dut kımılı ***"Apodiphus amygdali" (Germ)*** Büyük ağaç pentatomidi
	Cicadidae	***"Lyristes plebejus"*** Büyük kara ağustosböceği
	Aphididae	***"Hyalopterus pruni"*** (Geofry.) Erik unlu yaprakbiti ***"Pterochloroides persicae"*** (Chol.) ***"Myzus persicae"*** (Sulz.)
Diptera	Tephritidae	***"Ceratitis capitata"*** (Wiedemann) Akdeniz Meyve Sineği
Acarina	Tetranychidae	***"T. cinnebarinus" Boisd.*** ***"Tetranychus urticae" Koch*** ***"T.viennensis" Zach.***

KAYISIDA GÖRÜLEN ENTOMOLOJİK SORUNLAR

Anarsia lineatella (Zeller, 1839) Şeftali güvesi
(Lepidoptera, Gelechiidae)

Ergin şeftali güvesi, koyu gri ile boz renklerde olup, üst kanatlarında düzensiz açıklı koyulu gri çizgisel lekeler görülür. Alt kanatlar üst kanatlara göre daha açık renktedir. Kenarlarında saçaklar vardır. Dinlenirken kanatlar vücut üzerine çatı şeklinde kapanır. Erginlerin kanat açıklığı 14-16 mm arasında değişir, vücut boyu ise yaklaşık 8 mm civarındadır. Erkekler genellikle dişilerden daha küçüktür. Yumurta yuvarlak, eni ise 0.3 boyu 0.5 mm, mm'dir. (Anonim, 1995; 2000).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

A. lineatella yumurtası başlangıçta sarımsı renktedir ve döllenmiş yumurtanın gelişimi ilerledikçe portakal rengine, yumurtadan çıkışa yakın ise kahverengiye dönüşür. Yumurta çatlayıp larva çıktığında, larva 0.5 mm boyunda olup sarımsı kahverengi renktedir. Olgunlaşmış larva, yaklaşık 10 mm uzunluğunda, kırmızımsı kahverengi bir renge sahiptir. Larvanın vücut segmentleri arasında kirli beyazımsı sarı renkli ve enine çizgiler şeklinde bir görünüm fark edilir. Pupa evresine gelindiğinde, pupa yaklaşık 6 mm uzunluğunda, koyu kahverengi, parlak ve çıplaktır. Baş, thorax, abdomen ve bacaklar ise siyah renklerde ve 8-10 mm arasında görülmektedir (Öztürk ve Hazır, 2005).

A. lineatella kış aylarını genellikle ikinci larva evresinde geçirir ve 1-4 yaşlarındaki ağaç dallarında, dal çatallarında, kuru ve pürüzlü kabukların alt kısımlarında, tomurcuk pullarının arasında, gövde üzerindeki çatlak ve yarıklarda, ağacın dip kısmındaki oyuklarda ya da bazen koşnillerin kabukları altında saklanır (Bagdavadze, 1971; Lazarov ve ark., 1971; Viggiani, 1989; Anonim, 1995; 2000). Larvaların kışladığı yerler, kabuğun yaklaşık 2 mm derinliğinde görülmekte 0.5x10 mm boyutlarında, uzunluğu 2-3 mm olup, iç kısmı kokon benzeri ağ ile kaplanmıştır. Şeftali güvesi, 10-31°C aralığındaki sıcaklıklarda gelişir ve bir dölünü yaklaşık 600 gün-derecede tamamlar. Bir dişi güve 6-133 arasında yumurta bırakabilir (Lazarov ve ark., 1971; Kısakürek, 1976; Rice ve ark., 1982; 1992; Viggiani, 1989).

Kışlayan döle ait larvalar, öncelikle çiçek ve yaprak tomurcuklarında zarar yapar. Çiçeklerin çanak yapraklarını kemirerek delikler açar ve çiçek yumurtalıklarını yiyerek zararlı hale gelirler. Genç sürgünlerin uç kısmından içeri girip tomurcuk ve sürgünlerin kurumasına neden olurlar. Yaz döneminde, sürgünlerin tazeliği azaldıkça, larvaların meyvelere verdiği zarar artar ve sürgünler yerine meyveleri tercih etmeye başlarlar. Larvaların meyve üzerindeki beslenme şekli oldukça tipiktir. Genç larva, meyvenin kabuğunun altını kavisli bir şekilde oyabilir ya da meyve etinde tüneller açarak çekirdeğe kadar ilerleyebilir. Meyveye sap dibinden, yandan veya iki meyvenin birbirine değdiği noktalardan girerek meyve dökülmesine neden olurlar. Son döle ait larvalar, sap dibinden başlayarak meyvenin çekirdeğine kadar ilerler ve çekirdek çevresinde zarar verir. Genellikle her bir larva yalnızca bir meyveye zarar verir (Öztürk ve ark., 2010). Türkiye'de yapılan araştırmalar, zararlının Marmara Bölgesi'nde 3, Ege Bölgesi'nde 2, Akdeniz Bölgesi'nde 3-5 ve Malatya yöresinde ise 2-3 döl verdiğini göstermektedir.



Şekil 2. *A. Lineatella ergini*

Cydia molesta *(Busck,)* Doğu meyvegüvesi
(Lepidoptera Tortricidae)

Taş çekirdekli meyve ağaçları olmak üzere birçok meyve ağacında ciddi zararlara yol açar ve ekonomik kayıplara neden olur. Erginler küçük ve gri-kahverengi renktedir. Larvaları ise beyazımsı veya pembemsi renkte olup, baş kısımları koyu renklidir. Başta şeftali olmak üzere,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

erik, kayısı, kiraz gibi taş çekirdekli meyve ağaçlarında bulunur (Kong, et. al., 2019) Ayrıca, elma ve armut gibi yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında da zararlı olabilir. Dişi güve, yumurtalarını genellikle genç meyve kabuğuna veya yapraklara bırakır. Yumurtadan çıkan larvalar, meyvenin içine girerek çekirdeğe doğru tüneller açar ve beslenir. Bu, meyvenin çürümesine ve ticari değerini yitirmesine neden olur. Larvalar, meyve yüzeyinde veya toprakta pupa evresine geçer. Pupalardan çıkan yetişkin güveler, çiftleşir ve döngü devam eder. Bir yıl içinde iklim koşullarına bağlı olarak birkaç döl verebilir. Sıcak bölgelerde 4-5 döl, serin bölgelerde ise 2-3 döl görülebilir. Larvalar, meyve etine ve çekirdeğe zarar vererek çürümeye ve dökülmeye neden olur (Hughes, 2004)

Türkiye'de özellikle Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak görülür (Hazir, 2008).



Şekil 3. *Cydia molesta* ergini

Capnodis tenebrionis (Linnaeus, 1758) Fidan dipkurtları
(Coleoptera Buprestidae)

Ergin Siyah renkli, oval ve metalik bir parlaklığa sahiptir. Uzunluğu 20-30 mm arasında değişir. Çiftleşme sonrası yumurtalarını ağaçların dip kısmındaki toprak yüzeyine veya çatlaklara bırakır. Larvalar toprak altına girerek köklere ve kök kabuklarına zarar verir. Beslenme sırasında köklerin su ve besin taşıma sistemini tahrip eder, bu da ağacın kurumasına yol açabilir. Larvalar, toprak altında pupa evresine geçer. Bu evrede kışı geçirirler. Sıcak bölgelerde birkaç nesil verebilir (Ben-Yehuda, 2000). Larvalar, ağaçların kök sistemine zarar vererek su ve besin alımını engeller. Bu durum, ağacın yapraklarında sararma, meyve dökümü ve sonunda ağaç ölümüyle sonuçlanabilir (Mfarrej, 2010). Türkiye'de özellikle Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde taş çekirdekli meyve üretimi yapılan alanlarda sıklıkla karşılaşılır (Tezcan, 2011).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 4. ***Capnodis tenebrionis*** ergini

Scolytus rugulosus **(**Müll.) Kiraz yazıcıböceği
(Coleoptera Scolytidae)

Ergin böcekler küçük (2-3 mm), silindirik ve koyu kahverengi veya siyah renktedir. Larvalar beyazımsı renkte, kıvrık ve bacaksızdır. Çiftleşme sonrası dişi böcekler, ağaçların kabuklarına delik açarak galeriler oluşturur ve yumurtalarını bu galerilere bırakır. Yumurtlama sırasında kabuk ve odun dokusu arasında galeriler açılır ve bu, bitkilerde ciddi zararlar oluşturur. Yumurtadan çıkan larvalar, odun dokusunda beslenerek yan dallara doğru yayılan galeriler oluşturur. Larvalar odun ve floem dokusunu tahrip ederek ağacın su ve besin taşıma sistemine zarar verir (Tezcan, & Sarıkaya, 2024). Larvalar toprak yüzeyine yakın bölgelerde pupaya dönüşür. İlkbaharda pupalardan çıkan yeni erginler, tekrar yumurtlama yaparak döngüyü devam ettirir. Türkiye'de **Marmara**, **Ege**, **Akdeniz** ve **Karadeniz** bölgelerinde meyve üretim alanlarında sıklıkla karşılaşılır (Öztürk ve ark. 2004).

Sphaerolecanium prunastri (Boyer de Fonscolombe, 1834) Erik koşnili **(Hemiptera Coccidae)**

Başta kayısı, erik, şeftali ve badem olmak üzere taş çekirdekli meyve ağaçlarında bulunur. Bazen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarına ve süs bitkilerine de bulaşabilir. Ergin Yuvarlak, kubbeli ve kahverengimsi renktedir. Çapı yaklaşık 2-5 mm civarındadır. Larvalar ise küçük, sarımsı-yeşil renkte ve hareketlidir. Dişi bireyler, kabuklarının altında çok sayıda yumurta bırakır. Yumurtalar birkaç hafta içinde larvalara dönüşür. Yeni çıkan larvalar hareketlidir ve uygun bir yer bulduklarında bitki yüzeyine tutunurlar. Bu dönemde, yapraklar ve genç dallarda zarar verirler. Larvalar büyüyerek hareketsiz ergin dişilere dönüşür. Erkek bireyler genellikle görülmez; popülasyon dişilerden oluşur. Bitki özsuyunu emer ve bitkinin zayıflamasına neden olur. Yapraklarda sararma, dökülme ve sürgünlerde gelişim geriliği görülür (Korkmaz, & Yıldırım, 2023).

Türkiye'de, özellikle Ege, Marmara, Akdeniz ve Doğu anadolu bölgelerinde bulunan *Sphaerolecanium prunastri* iklim koşullarına bağlı olarak genellikle yılda 1-2 nesil verir (Özgen, & Bolu, 2009). Ege ve Akdeniz Bölgeleri sıcak iklim koşullarına sahip olan bu bölgelerde koşnil, çoğunlukla 2 nesil verir. İlk nesil ilkbaharda ortaya çıkar ve ikinci nesil yaz sonuna doğru aktif

hale gelir. Marmara Bölgesi Daha ılıman iklime sahip bu bölgede ise zararlı genellikle 1 nesil verir. Ancak bazı yıllarda, uygun koşullarda 2 nesil de verebilir.



Şekil 5. *Sphaerolecanium prunastri*

Hyalopterus pruni (Geofry.) Erik unlu yaprakbiti
(Hemiptera Aphididae)

Bu zararlı, özellikle erik, kayısı, şeftali ve badem gibi meyve ağaçlarında beslenerek ekonomik kayıplara yol açar. Bitkilerde bitki özsuyunu emerek zayıflamaya neden olur ve salgıladığı balımsı madde ile, fumajin oluşturarak bitki sağlığını olumsuz etkiler (kilic ve ark., 2023). Ergini yeşilimsi veya mavimsi-yeşil renkte olup vücutları genellikle mumsu bir tabakayla kaplıdır. Kanatlı ve kanatsız formları bulunur. Kanatlı bireyler daha koyu renklidir. Nimfi Küçük, açık yeşil renkte ve erginlere benzer ancak kanatsızdır (Öztürk ve Ulusoy, 2003).

Özellikle taş çekirdekli meyve ağaçlarının yoğun olarak yetiştirildiği **Ege**, **Akdeniz**, **Marmara** ve kısmen **Güneydoğu Anadolu** ve **Doğu Anadolu** bölgelerinde sıkça görülür (Alaserhat ve Bozbek, 2021). Ayrıca **İç Anadolu** bölgesinin sulanabilir alanlarında da zaman zaman rastlanır. **Ege ve Akdeniz Bölgeleri** Sıcak ve uzun büyüme sezonuna sahip olan bu bölgelerde zararlı daha hızlı çoğalır ve genellikle yılda **10-12 döl** verir (Öztürk ve Ulusoy, 2003). **Marmara ve İç Anadolu Bölgeleri** Daha ılıman veya serin iklim koşullarında bu tür genellikle yılda **7-9 döl** verir.



Şekil 6. *Hyalopterus pruni*
(photo by László Érsek)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ceratitis capitata (Wiedemann) Akdeniz Meyve Sineği
(Diptera Tephritidae)

Ergin Gözleri yeşilimsi-mavi, gövdesi sarımsı-kahverengi olup Kanatları şeffaf olup üzerinde karakteristik kahverengi şeritler bulunur. Larvası Bacaksız, beyaz-krem renkte ve 8-9 mm uzunluğunda meyve içinde beslenir ve olgunlaşır. Dişi sinekler, yumurtalarını meyvenin kabuğu altına bırakır. Yumurtadan çıkan larvalar, meyve etiyle beslenir. Olgunlaşan larvalar, meyveden çıkarak toprakta pupa oluşturur. Larvaların meyve içinde beslenmesi, meyvenin çürümesine ve pazar değerinin kaybına yol açar (Krainacker, Carey & Vargas, 1987). Türkiye'nin özellikle **Akdeniz**, **Ege**, **Marmara** ve **Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu** bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Bu bölgelerde yıllık ortalama sıcaklık ve iklim koşullarına bağlı olarak yılda **4-7 döl** verir. Akdeniz Bölgesi Yüksek sıcaklık ve uzun büyüme sezonu nedeniyle yılda **6-7 döl** verebilir. Ege bölgesi ise Akdeniz'e göre biraz daha serin olmasına rağmen, sıcaklıklar sineğin gelişimi için uygundur. Genellikle yılda **5-6 döl** verir (Kaya, & İpekdal, 2018).



Şekil 7. *Ceratitis capitata* ergini
(Photo by USDA ARS Photo Unit, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org)

Tetranychus urticae Koch.
(Acarina Tetranychidae)

Bitkiler üzerinde yaprakların alt yüzeyinde koloniler oluşturarak beslenen ve ciddi ekonomik kayıplara yol açan bir akar türüdür. Dünya genelinde çok geniş bir konukçu yelpazesi olan bu zararlı, tarla bitkilerinden sebzelere, meyve ağaçlarından süs bitkilerine kadar birçok bitkide zarara neden olur.

Dişi bireyler kırmızımsı-turuncu, erkekler daha açık renklidir. Vücutları yaklaşık 0.5 mm boyutundadır. İki koyu nokta, vücutlarının yanlarında belirgin bir şekilde görülür. Dişi bireyler, yaprakların alt yüzeyine yüzlerce yumurta bırakır. Nimfler yaprak yüzeyinde beslenerek büyür. Kırmızı örümcekler, yaprakların alt yüzeyindeki bitki özsuyunu emerek beslenir. Bu, yaprakların sararmasına, bronzlaşmasına ve sonunda dökülmesine yol açar. Yapraklar üzerinde örümcek ağlarına benzer ince ağlar oluşturarak fotosentezi daha da engeller. Türkiye'de iklim koşullarına bağlı olarak yılda 10-15 döl verebilir. Bu döl sayısı, sıcaklık, nem ve konukçu bitkilerin bulunabilirliği gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Akdeniz Bölgesinde Yüksek sıcaklık ve düşük nem nedeniyle popülasyon hızla artar. Yılda 12-15 döl verebilir. Ege Bölgesi Akdeniz'e benzer koşullarda yılda 10-13 döl verebilir. Marmara Bölgesi daha serin ve nemli iklim nedeniyle gelişim biraz daha yavaştır. Yılda 8-10 döl verebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise Sıcak ve kurak koşullar nedeniyle Akdeniz'e benzer şekilde yılda 12-14 döl verebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 8. *Tetranychus urticae*
(Photo by Anna Beber)

SONUÇ

Türkiye'de kayısı zararlıları üzerine yapılan araştırmalar sonucunda kayısı üretiminde entegre zararlı kontrol (IPM) yöntemlerinin daha etkili ve sürdürülebilir bir yaklaşım olduğu ortaya çıkmıştır. Erken tanı, kimyasal kontrol ve biyolojik kontrol yöntemlerinin doğru zamanlama ile birlikte kullanılması haşere kontrolünde başarıyı artırmıştır. Özellikle yerel ekosistem koşullarına uygun zararlı kontrol stratejileri hem verimliliği artırmış hem de çevre dostu bir üretim süreci yaratmıştır.

Sonuç olarak kayısılarda zararlı kontrolünde kimyasal ve biyolojik yöntemlerin dengeli bir şekilde uygulanması gerektiği vurgulanmış ve bu yöntemlerin kayısı üreticilerine ekonomik faydalar sağladığı ve zararlıların uzun vadede kontrol altında tutulmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Tarımda sürdürülebilirliğe ve çevre dostu uygulamalara yönelmek kayısı üretiminin verimliliğine ve sağlığına katkıda bulunur.

KAYNAKÇA

Anonim. Integrated Pest Management for Almonds. University of California Statewide Integrated Pest Management Project. Division of Agriculture and Natural Res. Publication, California, 3308, 64–69,1985

Alaserhat, İ., & Bozbek, Ö. Erzincan ve Gümüşhane İlleri Kayısı Ağaçlarında Saptanan Zararlı ve Faydalı Türler ve Önemli Olan Zararlı Türlerin Doğada Bulunma Zamanı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *8*(3), 642-654, 2021.

Anonim. Zirai Mücadele Teknik Talimatı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt 3, s; 162-165, 1995.

Anonim. UC Management Guidelines for Peach Twig Borer on Apricot. Statewide IPM Project, University of California. Revised: (October 16, 20009. Webmaster: ipmig@ucdavis.edu

Asma, B. M., Karaat, F. E., Çuhacı, Ç., Doğan, A., & Karaca, H. Türkiye'de Kayısı Islah Çalışmaları ve Islah Edilen Yeni Çeşitler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *5*(11), 1429-1438, 2017.

Ben-Yehuda, S., Assael, F., & Mendel, Z. Improved chemical control of *Capnodis tenebrionis* and *C. carbonaria* in stone-fruit plantations in Israel. *Phytoparasitica, 28*, 27-41, 2000.

Hazir, A. Doğu Akdeniz bölgesi şeftali ve nektarinlerde zararlı türler ile parazitoit ve predatörlerin saptanması, önemli zararlıların popülasyon gelişmesi ve mücadelede kullanılan bazı pestisitlerin *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae) a etkisi. 2008)

Hughes, J., Hern, A., & Dorn, S. Preimaginal environment influences adult flight in *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology, 33(5), 1155-1162, 2004.

Karadeniz, T. ve Doğru Çokran, B. Türkiye ve Dünya'da kayısı yetiştiriciliğinin genel durumu. 3rd International Agricultural Congress, 5-9 March 2020, Tunusia. Abstract Book, 46,2020.

Kaya, T., & İpekdal, K. The first record and barcoding of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Kırşehir, Turkey. 2018.

Kilic, N., Akbal Budak, E., Dogan, D. Iğdır İli Kayısı Yetiştiriciliğinin Entomolojik Sorunları ve Çözüm Önerileri. O. Şimşek (ed), T. Arık (ed), P. Aliyev (ed), Iğdır araştırmaları. s. 105-125. Sonçağ Akademi. 2023.

Kong, W., Wang, Y., Jia, X., Gao, Y., Fan, R., Li, J., & Ma, R. Emergence and mating behavior of the oriental fruit moth Cydia molesta (Lepidoptera: Tortricidae) and its potential for reproduction. In *Annales de la Société entomologique de France (NS)* (Vol. 55, No. 5, pp. 446-453). Taylor & Francis, 2019, September.

Korkmaz, Y. B., & Yıldırım, E. Evaluation of Hosts and Distribution of *Hyalopterus pruni (*Geoffroy, 1762) and *Sphaerolecanium prunastri* (Boyer de Fonscolombe, 1834), which are Pests of Fruit Trees in Iğdır, Turkey. *ICOFAAS 2023*, 276, 2023.

Korkmaz, Y. B., & Yıldırım, E. Evaluation of Hosts and Distribution of *Hyalopterus pruni* (Geoffroy, 1762) and *Sphaerolecanium prunastri* (Boyer de Fonscolombe, 1834), which are Pests of Fruit Trees in Iğdır, Turkey. *ICOFAAS 2023*, 276, 2023.

Krainacker, D. A., Carey, J. R., & Vargas, R. I. Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Oecologia, 73*, 583-590, 1987.

Mfarrej, M. BLife cycle of Peach Rootborer *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) on stone-fruit trees. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, *6*(4), 2010.

Özgen, İ., & Bolu, H. Malatya ili kayısı alanlarında zararlı *Sphaerolecanium prunastri* (Boyer de Fonscolombe, 1834) (Hemiptera: Coccidae) (Erik koşnili)'nin yayılış alanları, bulaşma oranları ve doğal düşmanlarının belirlenmesi. *Turkish Journal of Entomology*, *33*(2), 83-91, 2009.

Öztürk, N., & Ulusoy, M. R. Mersin ili kayısılarında saptanan zararlılar. alatarım, 21, 2003.

Öztürk, N., Hazır, A., & Ulusoy, M. R. Mut (Mersin) ilçesinde kayısıda zarar yapan Şeftali güvesi, Anarsia lineatella Zeller, 1839 (Lepidoptera: Gelechiidae)'ya karşı çiftleşmeyi engelleme tekniğinin etkinliği. *Turkish Journal of Entomology*, *34*(3), 337-350, 2010.

Öztürk, N., Ulusoy, M. R., & Erkılıç, L. Pests and predatory species determined in apricot orchards in Malatya province of Turkey. *Plant Protection Bulletin, 44*(1), 2004

Öztürk, N., ve Hazır, A.. Şeftali güvesi, *Anarsia lineatella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın Kayısılardaki Zarar Şekli ve Bazı Biyolojik Özellikleri. alatarım, 51, 2005.

Tezcan, S., & Sarıkaya, O. New locality records for some bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) of Türkiye along with updated checklist. *Munis Entomology & Zoology*, *19*(1), 175-187, 2024.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tezcan, S., Evrenosoğlu, Y., Mısırlı, A., Gülcan, R., & Gülperçin, N. Türkiye kayısı çeşitlerinin prunasin içerikleri ve çöğürlerin *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus) ve *C. carbonaria* (Klug) (Coleoptera: Buprestidae) ile yapay bulaştırılması. *Turkish Journal of Entomology*, *35*(3), 407-422, 2011.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DALLI BUĞDAYDA (*Triticum turgidum var. Mirabile*) FARKLI EKİM NORMU VE AZOT DOZU UYGULAMALARININ TANE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Murat AKDAĞOĞLU[1)] İsmet BAŞER[2)]

[1)] Agricultural Engineer, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Turkey, muratakdag@hotmail.com ORCID ID: 0000-0061-6437-5029
[2)] Prof. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Turkey, ibaser@nku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-5770-0118

ÖZET

Çalışma 2022-2023 ve 2023-2024 yetiştirme yıllarında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Çalışmada metrekareye 400, 450, 500 ve 550 adet olarak ekim sıklığı ana parsellere uygulanmıştır. Denemede 10 kg/da, 15 kg/da ve 20 kg/da saf azot olarak 3 farklı azot dozu uygulaması yapılmıştır.

Uygulanan 4 farklı ekim sıklığının tane verimi üzerine etkisi incelendiğinde metrekareye atılan tohum miktarının tane verimini önemli düzeyde etkilediği anlaşılmaktadır. En yüksek tane verimi 400 tohum/m² uygulamasında 252.50 kg/da ile elde edilirken, bunu 251.67 kg/da ile 500 tohum/m² uygulaması izlemiştir. En düşük tane verimi, en yüksek tohum uygulaması olan metrekareye 550 tohum/m² uygulamasında 222.23 kg/da ile elde edilmiştir. Uygulanan farklı azot dozlarının tane verimine etkisi incelendiğinde en yüksek tane verimi en az saf azot uygulaması olan 10 kg/da saf azot uygulamasında 256.41 kg/da ile elde edilirken, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 15 kg/da saf azot uygulaması 241.96 kg/da ile izlemiştir. En düşük tane verimi ise en yüksek saf azot uygulaması olan 20 kg/da uygulamasında 226.29 kg/da ile elde edilmiştir.

GİRİŞ

Buğday dünya çapında 4,5 milyar insanın tükettiği toplam diyet kalorilerinin %21'ini, proteinin %20'sini ve karbonhidratların %55'ini oluşturur. Buğday, dünya nüfusunun %36'sının temel gıdasıdır (Riaz et al. 2021, Khalid, et al. 2023). Buğday, Pirinç ve Mısır, insan beslenmesinde üç ana bitkidir ve 2021'de Mısır, pirinç ve buğdayın küresel hasatları toplam hasatların %90'ını oluşturdu (Budzynski et al. 2018, FAO, 2023).

Buğday, yüksek esnekliği sayesinde çeşitli çevre koşullarına kolayca uyum sağladığı için küresel gıda güvenliği açısından diğer stratejik tahıllara göre önemli bir avantaja sahiptir (Shewry, 2009 and Zubko et al. 2022). Küresel insan nüfusunda gözlemlenen artış nedeniyle buğday, gıda güvenliğini sürdürmek için stratejik bir tahıl ürünü olarak önemli bir rol oynamaya devam edecektir (Budzy´nski, et al.2012). Şu anda, dünya çapında yetiştirilen buğdayın %95'ini ekmeklik buğdaylar (Triticum aestivum L.) oluştururken, kalan %5'lik kısım makarnalık buğdaydır (T. durum Dest.)

Buğday yetiştiriciliğinde ekim sıklığı ve azotlu gübre buğday da verim oluşumunu etkileyen kritik faktörlerdir (Shah ve Wu 2019, Gao et al. 2021). Uygun ekim normu, buğdayın su, besin maddeleri ve ışık enerjisinden tam olarak yararlanmasını sağlayabilir (Ma et al. 2018),

Birçok bilim insanı, uygulanacak azot seviyesi hakkında birçok araştırma yapmıştır. Kimyasal gübre uygulaması durdurulursa, toplam küresel ürün verimi yarıya inecektir. (Cordovil et al. 2007). Ayrıca, azotlu gübrenin gereksiz ve aşırı kullanımı yeraltı suyu kirliliği [Jin et al. 2014], sera etkisi, toprak asitlenmesi (Guo et al. 2010) gibi çevre sorunlarına da yol açacaktır. Bu nedenle, yüksek verim ve buğday kalitesi elde ederken azotlu gübrenin akılcı kullanımı buğday üretimi için önemlidir. Bitkiler arasındaki rekabeti hafifletebilir ve makul bir popülasyon yapısı oluşturmaya yardımcı olabilir (Soofizada et al. 2022). Azotlu gübrenin uygun miktarda kullanımı buğdayın sağlıklı büyümesini teşvik edebilir, tane kalitesini iyileştirebilir, verimi artırabilir ve tarımın sürdürülebilir gelişimini sağlayabilir (Liu et al. 2021).

Geniş alanlarda ve kontrolsüz koşullarda üretimi yapılan bitkilerin en önemlisi buğdaydır. Tarımsal üretimde küresel iklim değişiminin etkisinin artması ve daha kaliteli ve farklı beslenme istekleri nedeniyle son yıllarda farklı buğday türleri üzerine ilgi artmıştır. Bu buğday türlerinin başında da siyez ve dallı buğday gelmektedir. Triticum turgidum var. Mirabile, yaygın olarak Vavilov buğdayı, Azerbaycan buğdayı veya Einkorn buğdayı olarak da bilinir.

Dallı buğday, yaklaşık 2 metre yüksekliğe kadar büyüyen uzun bir bitkidir. Bitkinin sapı sağlam ve diktir ve saman renginde bir görünüme sahiptir. Yaklaşık 10 cm uzunluğunda küçük, kompakt buğday başağı üretir. Dallı buğday, yüzyıllardır öncelikli olarak bir gıda kaynağı olarak kullanılmıştır. Temel besinlerle dolu olan taneleri, daha sonra çeşitli unlu mamuller hazırlamak için kullanılan un yapmak için kullanılır. Dallı buğday ayrıca bira yapımında kullanılır ve geleneksel tıp uygulamalarında tıbbi özelliklere sahip olduğu bilinmektedir.

Bu buğday genotiplerinin ekim sıklığı ve uygun azot dozu konusunda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Çalışmada dallı buğdayda 4 farklı ekim sıklığı (400, 450, 500 ve 550 tohum/metrekare) ve 3 farklı azot dozunda (10, 15 ve 20 kg saf azot/da) tane verimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışma 2022-2023 ve 2023-2024 yetiştirme yıllarında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Çalışmada, tohumlar metrekareye 400, 450, 500 ve 550 adet olarak, farklı ekim sıklıklarında ana parsellere uygulanmıştır.

Denemede 10 kg/da, 15 kg/da ve 20 kg/da saf azot olarak 3 farklı azot dozu uygulaması yapılmıştır. Saf azotun 5 kg'lık kısmı, tüm parsellere ekim ile birlikte 20.20.0 kompoze gübresi ile taban gübresi şeklinde verilmiştir (Çizelge 1). Taban gübresi uygulanması ile azotun yanında 5 kg/da saf fosfor da verilmiştir. Geriye kalan saf azot uygulamaları ise üst gübre olarak Zadoks

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

skalasındaki büyüme-gelişme dönemleri ve yağışlar dikkate alınarak Çizelge 1'de görüldüğü gibi 4 değişik şekilde uygulanmıştır.

Çizelge 1. Uygulanan gübre miktarları ve zamanları

Uygulamalar	Ekim ile Birlikte	Kardeşlenme (Zadoks 21)	Kardeşlenme (Zadoks 25)	Sapa Kalkma (Zadoks 37)
10	5 kg/da saf N	5 kg/da saf N	-	-
15	5 kg/da saf N	6 kg/da saf N	4 kg/da saf N	-
20	5 kg/da saf N	7 kg/da saf N	4 kg/da saf N	4 kg/da saf N

Ayrıca yabancı ot kontrolü için 2 g/da mustang atılmış ve kök boğazı ve pas için ilaç kullanılmamıştır. Denemede ekimler parsel ekim makinası ile yapılmış her parsel 5 metre uzunluğunda 15 cm sıra arasında 6 sıradan oluşmuştur. Hasat olgunluğuna gelen bitkiler Hege 160 parsel biçerdöveri ile hasat edilerek 5.10 metrelik alandan elde edilen tane verimi değerleri dekara tane verimine çevrilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiki analizleri bölünmüş parseller deneme desenine göre Tarist istatistik programı kullanılarak yapılmış, elde edilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan önemlilik testi ile belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

2022-2023 ve 2023-2024 yetiştirme yıllarında, dallı buğday genotipinin 4 farklı ekim sıklığında ve 3 farklı azot dozu uygulamasından elde edilen tane verimi değerlerinde varyans analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Dallı buğday genotipi tane veriminde varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S. D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	F Tablo %5	F Tablo %1
Tekerrür	2	45.86	22.93	0.09	3.59	6.11
Yıl	1	48,672.00	48,672.00	197.30**	4.45	8.40
Ekim Sıklığı	3	10,707.66	3,569.22	14.46**	3.20	5.18
Hata 1	17	4,193.58	246.68			
Azot Dozu	2	10,896.02	5,448.01	14.49**	3.23	5.18
Ekim Sıklığı x Azot Dozu İnt.	6	1,282.08	213.68	0.56	2.34	3.29
Hata	40	15,036.55	375.91			

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Genel	71	90,833.77	DK: 8.03

*: %5 seviyesinde önemli, **: %1 seviyesinde önemli

Elde edilen varyans analiz sonucuna göre, yıl, ekim sıklığı ve azot dozu istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ekim sıklığı x azot dozu interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Ekim sıklığı ve azot dozları ile ilgili elde edilen ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Dallı buğdayda ekim sıklığı ve farklı azot dozlarında ortalama değerler ve önemlilik grupları

Ekim sıklığı	Ortalama verim	Önemlilik grupları	Azot dozu	Ortalama verim	Önemlilik grupları
400	252.50	a	**10**	256.42	a
450	239.72	a	**15**	241.96	a
500	251.67	a	**20**	226.29	b
550	222.33	b			

Uygulanan 4 farklı ekim sıklığının tane verimi üzerine etkisi incelendiğinde metrekareye atılan tohum miktarının tane verimini önemli düzeyde etkilediği anlaşılmaktadır. En yüksek tane verimi 400 tohum/m² uygulamasında 252.50 kg/da ile elde edilirken, bunu 251.67 kg/da ile 500 tohum/m² uygulaması izlemiştir. En düşük tane verimi, en yüksek tohum uygulaması olan metrekareye 550 tohum/m² uygulamasında 222.23 kg/da ile elde edilmiştir.

Uygulanan farklı azot dozlarının tane verimine etkisi incelendiğinde en yüksek tane verimi 10 kg/da saf azot uygulamasında 256.41 kg/da ile elde edilirken, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 15 kg/da saf azot uygulaması 241.96 kg/da ile izlemiştir. En düşük tane verimi ise en yüksek saf azot uygulaması olan 20 kg/da uygulamasında 226.29 kg/da ile elde edilmiştir. Ekim sıklığı x azot dozu interaksiyonu ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 4'de verilmiştir.

Elde edilen veriler uzun bitki boyuna sahip olan dallı buğdayda 400-450 tohum/m² kullanımının yeterli olduğunu, tohum miktarı arttığında verimin azaldığını özellikle 550 tohum/m² kullanımında dekara 30 kg'dan fazla verim kaybının olduğu görülmektedir. Bir diğer deyişle tane verimi %12 düzeyinde azalmaktadır. Farklı azot dozları olan 10 ve 15 kg/da uygulamalarından elde edilen değerler arasında istatistiki olarak fark olmaması nedeniyle en düşük azot dozu olan 10 kg/da saf azot uygulamasının dallı buğday üretiminde yeterli ve daha ekonomik olduğu anlaşılmaktadır. Dallı buğdayda farklı ekim sıklığı uygulamasında farklı azot dozu uygulamanın tane verimi üzerine etkisini ortaya koymak için elde edilen interaksiyon ortalama değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 4. Dallı buğdayda ekim sıklığı x azot dozu interaksiyonu ortalama değerleri

Ekim sıklığı	Azot dozu	Ort.	Ekim sıklığı	Azot dozu	Ort.
400	10	268.50	**500**	10	260.00
	15	254.16		15	255.33
	20	234.83		20	239.66
450	10	262.83	**550**	10	234.33
	15	232.66		15	225.66
	20	223.66		20	207.00

Dallı buğdayda farklı ekim sıklıklarında, farklı azot dozlarının tane verimi üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek tane verimi 268.50 kg/da ile 400 tohum/m² ve 10 kg/da saf azot uygulamasında elde edilmiştir. Bunu 262.83 kg/da ile 450 tohum/m² ve 10 kg/da saf azot uygulaması ve 260.00 kg/da ile 500 tohum/m² ve 10 kg saf azot uygulaması izlemiştir. Elde edilen veriler dallı buğdayda metrekareye 400-450 tohum ve dekara 10-15 kg saf azot uygulamasının en yüksek tane verimi sağladığı görülmektedir. Arazi koşullarına göre metrekareye 400-450 tohum ve ekonomik olarak daha uygun olması nedeniyle 10 kg/da saf azot uygulaması dallı buğday üretimi için uygun görülmektedir. En düşük tane verim değerleri ise 207.00 kg/da ile 550 tohum ve 20 kg/da saf azot uygulamasında olmuş, bunu 225.66 kg/da ile 550 tohum ve 15 kg/da saf azot uygulaması izlemiştir.

SONUÇ

Dallı buğdayda en yüksek tane verimi 268.50 kg/da ile 400 kg tohum/m² uygulaması ve 10 kg/da azot uygulaması, en düşük verim elde edilen 550 tohum uygulaması ve 20 kg/da saf azot uygulaması yapıldığında 207.00 kg da ile dekarda %22.90 verim kaybı ile olmuştur. En düşük tane verimi dekara 20 kg saf azot uygulamasında ve metrekareye en fazla tohum uygulaması olan 550 adet tohumda uygulamasında olması dallı buğday genotipinin, fazla tohum ve azot oranından olumsuz etkilediğini göstermektedir. Uzun boylu bir buğday genotipi olan dallı buğdayın, metrekareye düşen tohum sayısı arttıkça tane veriminin düştüğü, benzer olarak azot dozu uygulaması arttıkça verimde azalma meydana geldiği görülmektedir. Dallı buğdayda metrekareye 400 tohum uygulaması ve 10 kg/da saf azot uygulamaları etkin bir üretim için en uygun dozlardır.

Teşekkür: Bu çalışma birinci yazarın doktora tezinin sonuçlarının bir kısmından yararlanarak hazırlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKLAR

Riaz, M.W.; Yang, L.; Yousaf, M.I.; Sami, A.; Mei, X.D.; Shah, L.; Rehman, S.; Xue, L.; Si, H.; Ma, C. Effects of heat stress on growth, physiology of plants, yield and grain quality of different spring wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. Sustainability 2021, 13, 2972.

Khalid, A.; Hameed, A.; Tahir, M.F. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Front. Nutr. 2023, 10, 1053196. [CrossRef]

Budzy´nski, W.S.; Bepirszcz, K.; Jankowski, K.J.; Dubis, B.; Hłasko-Nasalska, A.; Sokólski, M.M.; Olszewski, J.; Załuski, D. The responses of winter cultivars of common wheat, durum wheat and spelt to agronomic factors. J. Agric. Sci. 2018, 156, 1163–1174.

Faostat, Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. 2023. Available online: http://www.apps.fao.org/ faostat/en/#home.

Shah, F.; Wu, W. Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments. Sustainability 2019, 11, 1485.

Gao, Y.; Zhang, M.; Yao, C.; Liu, Y.; Wang, Z.; Zhang, Y. Increasing seeding density under limited irrigation improves crop yield and water productivity of winter wheat by constructing a reasonable population architecture. Agric. Water Manag. 2021, 253, 106951.

Liu, W.-Y.; Wu, C.-C.; Wang, S.-Y.S. Forest Management and Adaptation Strategies in Response to Climate Change by the Taiwanese Public. Atmosphere 2021, 12, 1056.

Soofizada, Q.; Pescatore, A.; Guerrini, L.; Fabbri, C.; Mancini, M.; Orlandini, S.; Napoli, M. Effects of Nitrogen plus Sulfur Fertilization and Seeding Density on Yield, Rheological Parameters, and Asparagine Content in Old Varieties of Common Wheat (Triticum aestivum L.). Agronomy 2022, 12, 351.

Ma, S.-C.; Wang, T.-C.; Guan, X.-K.; Zhang, X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crop. Res. 2018, 221, 166–174.

Cordovil, C.M.d.s.; Cabral, F.; Coutinho, J. Potential mineralization of nitrogen from organic wastes to ryegrass and wheat crops. Bioresour. Technol. 2007, 98, 3265–3268.

Jin, L.; Hu, K.; Deelstra, J.; Li, B.; Wei, D.; Wang, H. Evaluation of nitrogen fate, water and nitrogen use efficiencies of winter wheat in North China Plain based on model approach. Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci. 2014, 63, 127–138.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Guo, R.; Nendel, C.; Rahn, C.; Jiang, C.; Chen, Q. Tracking nitrogen losses in a greenhouse crop rotation experiment in North China using the EU-Rotate_N simulation model. Environ. Pollut. 2010, 158, 2218–2229.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ATAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN ARI KOLONİSİ OPTİMİZASYONU

Dr. Onur Mesut ŞENARAS
Bursa Uludağ Üniversitesi
osenaras@gmail.com- https://orcid.org/0000-0002-4295-801X

Doç. Dr. Şahin İNANÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi
sahininanc@uludag.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-0603-1604

Prof.Dr. Arzu EREN ŞENARAS
Bursa Uludağ Üniversitesi
arzueren@uludag.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-3862-4551

ÖZET

Arı Kolonisi Optimizasyonu, özellikle kapsamlı ve karmaşık atama problemlerine uygulanabilen ilgi çekici bir çözümü temsil etmektedir. Bu algoritma, çözümler üzerinde hızlı bir şekilde yakınsama konusunda usta olmasına rağmen, aynı zamanda birden fazla yerel minimuma inme zorluğuyla da boğuşmaktadır. Çeşitli avantajlar sunarak kendisini klasik metodolojilerden ayırır: çözüm uzayını etkili bir şekilde geçme kapasitesi çok önemlidir. Bu özellikleri nedeniyle algoritma, üretim planlama, lojistik ve kaynak tahsisi dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel sektörlerde uygulanabilirlik buluyor. Python, öncelikle zengin kütüphane desteği nedeniyle Arı Kolonisi Optimizasyonunu uygulamak için sağlam ve çok yönlü bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Python'da bulunan kaynakların geniş olması hem algoritmanın geliştirilmesini hem de çözüm sürelerinin hızlandırılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, atama problemlerini Arı Kolonisi Optimizasyonu kullanarak Python uygulamasının geliştirilmesidir. Atama problemlerini Arı Kolonisi Optimizasyonu yoluyla çözmek için Python'u kullanmak, etkili ve uyarlanabilir bir yaklaşım sağlar.

Anahtar Kelimeler: Arı Kolonisi Optimizasyonu, Atama Problemleri, Pyhton Programlama.

1.GİRİŞ

Atama problemleri, çok sayıda kaynak ve hedefin optimal bir şekilde eşleştirilmesi gerektiği matematiksel ve endüstriyel problemlerin çözümünde önemli bir yer tutmaktadır. Bu tür problemler, çeşitli sektörlerde, özellikle üretim, lojistik, ulaşım, sağlık ve kaynak yönetimi gibi alanlarda karşılaşılan karmaşık ve çok yönlü optimizasyon ihtiyaçlarını karşılamada yaygın olarak kullanılır. Atama problemlerinin çözümü, genellikle bir dizi kısıtlama altında en iyi çözümü bulmaya yönelik olduğu için, bu tür problemler yüksek çözüm karmaşıklığına sahip

olabilir. En bilinen atama problemi türlerinden biri, "eşleştirme problemi" veya "iş gücü atama problemi" olup, burada amaç, her bir işin bir çalışana en verimli şekilde atanmasıdır (Hung, 2007).

Atama problemleri, genellikle tam sayılı doğrusal programlama, dinamik programlama veya genetik algoritmalar gibi çeşitli optimizasyon teknikleriyle çözülür. Ancak, bu geleneksel yöntemler bazen büyük ölçekli ve yüksek karmaşıklığa sahip problemlerle başa çıkmada yetersiz kalabilir. Bu noktada, evrimsel algoritmalar ve sezgisel yöntemler, daha esnek ve verimli çözümler sunmak için güçlü alternatifler olarak öne çıkmaktadır. Arı Kolonisi Algoritması (ARI), bu sezgisel yöntemlerden biri olup, özellikle yerel ve küresel arama stratejilerini başarılı bir şekilde birleştirerek atama problemlerine etkin çözümler sunabilmektedir. ARI, çözüm uzayındaki farklı bölgelere arıların keşif yaparak yönlendirilmesi prensibiyle çalışarak, büyük ve karmaşık atama problemlerinde başarılı sonuçlar elde etmektedir (Karaboga, 2005; Yang, 2005).

2. YÖNTEM

Arı Kolonisi Algoritması, doğada bal arılarının yiyecek bulma ve kolonilerini düzenleme davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş bir optimizasyon tekniğidir. ARI algoritması, popülasyon tabanlı bir yöntem olup, her birey (arı) çözüm uzayında keşif yapar ve en iyi çözümü bulmak için birbirleriyle işbirliği yapar. Bu özellik, atama problemleri gibi geniş çözüm alanlarına sahip ve birden fazla optimal çözümün bulunduğu durumlarda önemli bir avantaj sağlamaktadır. Arı kolonisi algoritmasının paralel işleme kapasitesi ve çevresel keşif yeteneği, atama problemleri gibi zorlayıcı optimizasyon görevlerinde çözüm arayışını hızlandırır (Karaboga, 2005). Bu nedenle, ARI algoritması, çok sayıda işin ya da kaynağın en uygun şekilde atanmasını sağlayan atama problemlerine yönelik etkili bir çözüm yöntemi olarak kullanılmaktadır (Tuan ve Thanh, 2012).

Bu çalışmada, atama problemlerine yönelik çözüm yöntemleri arasında ARI algoritmasının kullanımı ele alınmıştır. Algoritmanın temel işleyişi ve bu problemlere yönelik uygulama alanları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, ARI algoritmasının atama problemleri üzerindeki performansı, karşılaşılan zorluklar ve iyileştirme fırsatları üzerine yapılan araştırmalar değerlendirilmiştir.

3. UYGULAMALAR

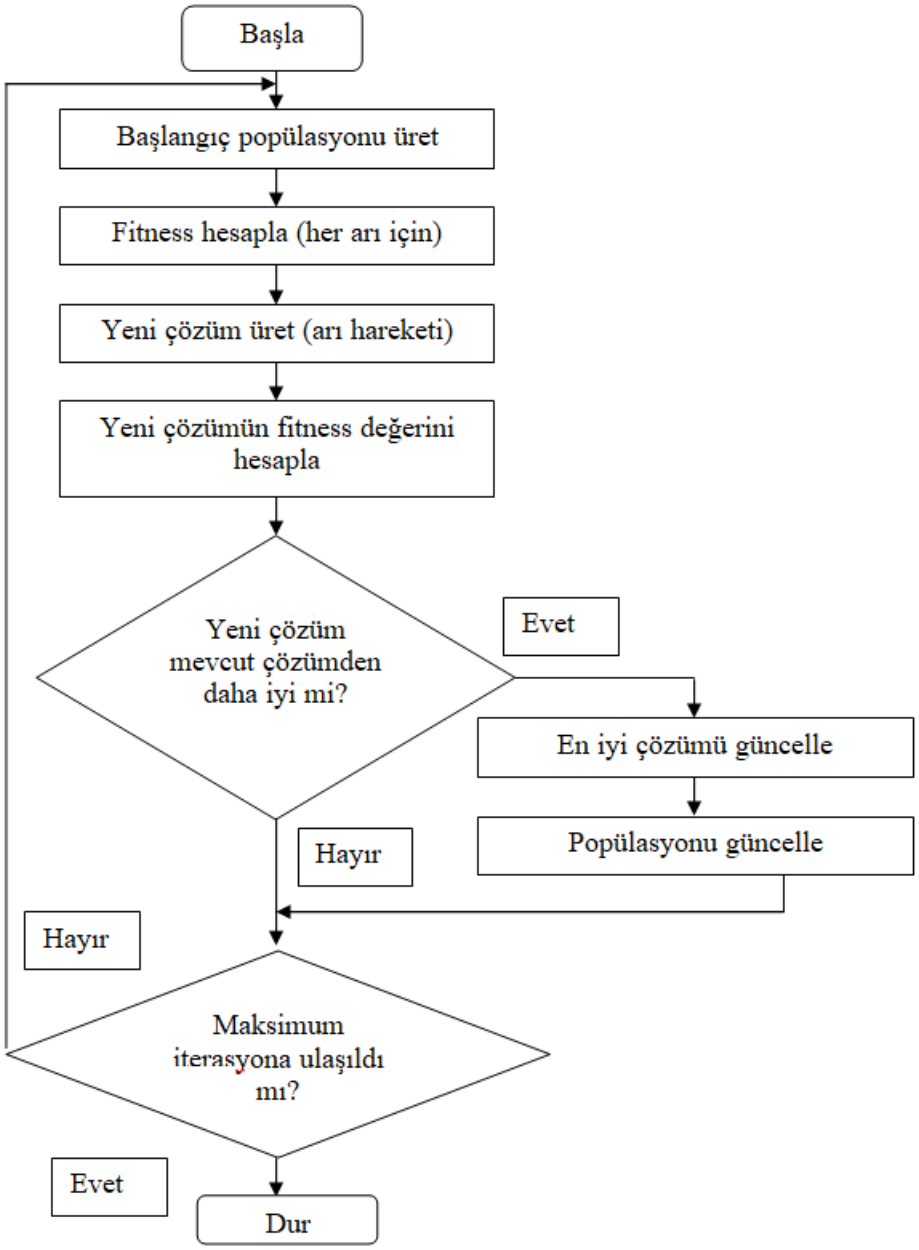
Atama problemi, genel olarak bir dizi işin veya görevin bir dizi çalışana veya kaynağa en uygun şekilde atanması gerektiği bir optimizasyon problemidir. Bu tür problemler, genellikle bir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

maliyet matrisi ile tanımlanır ve amaç, her işin bir çalışana atanması için toplam maliyeti minimize etmektir.

3 işçi ve 3 işten oluşan bir atama problemi için aşağıdaki gibi bir maliyet matrisimiz olsun:
İşçi 1 için işlerin maliyetleri: [4, 3, 6]
İşçi 2 için işlerin maliyetleri: [6, 4, 2]
İşçi 3 için işlerin maliyetleri: [3, 5, 7]
Bu çalışmanın amacı bu matrisi optimize etmek için, her işin bir çalışana atanması sonucu toplam maliyetin en düşük olmasını sağlamaktır. Arı kolonisi optimizasyonu kullanarak Python programı geliştirilmiştir. Arı kolonisi optimizasyonu için Python programı akış çizgesi Görsel 1'deki gibidir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Arı Kolonisi Optimizasyonu için Python Programı Akış Çizgesi

İşçi ve işlere ilişkin maliyet matrisi Çizge 1'deki gibidir.

Çizge 1. Maliyet Matrisi

	İş 1	İş 2	İş 3
İşçi 1	4	3	6
İşçi 2	6	4	2
İşçi 3	3	5	7

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu atama probleminde, her işin bir çalışana atanması ve toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Arı Kolonisi Algoritması (ARI), popülasyon tabanlı bir sezgisel optimizasyon yöntemidir. Bu algoritma, bal arılarının yiyecek arama ve toplama davranışlarından ilham almaktadır. Atama problemleri gibi optimizasyon görevlerinde ARI algoritması, çözüm alanındaki en iyi çözümleri bulmak için arıların yerel ve küresel arama yöntemlerini kullanmaktadır.

Arı Kolonisi Algoritması Python Kodları Ekran Görüntüsü Görsel 2'deki gibidir.

```
def bee_colony_algorithm():
    global best_solution, best_cost
    bees = [generate_solution() for _ in range(num_bees)]  # Başlangıç çözümler
    costs = [fitness(bee) for bee in bees]  # Başlangıç maliyetleri

    for iter in range(max_iter):
        for i in range(num_bees):
            current_solution = bees[i]
            current_cost = costs[i]
```

Görsel 2. Arı Kolonisi Algoritması Python Kodları Ekran Görüntüsü

4. BULGULAR

Program çalıştırıldığında, her iterasyonda en iyi çözüm ve maliyet ekrana yazdırılır.

Örneğin:

Iteration 1: Best Cost = 9

Iteration 2: Best Cost = 7

Iteration 3: Best Cost = 6

En İyi Çözüm (İşçi Atamaları): [2, 0, 1]

En İyi Maliyet: 6

Bu çıktı, en iyi çözümün işçi 1'in iş 3'e, işçi 2'nin iş 1'e ve işçi 3'ün iş 2'ye atanması olduğunu gösterir ve toplam maliyetin 6 olduğunu belirtmektedir.

5. SONUÇ

Bu program, atama problemlerine yönelik ARI algoritmasının nasıl uygulanabileceğini ve atama probleminde maliyeti minimize etme sürecini göstermektedir. Arı Kolonisi Algoritması, özellikle karmaşık ve büyük ölçekli atama problemleri için etkili bir sezgisel yöntemdir. Arı Kolonisi Algoritması, atama problemleri gibi karmaşık optimizasyon problemlerini çözmek için etkili bir yöntemdir. Akış diyagramı ve algoritma, bu sürecin temel adımlarını açıkça gösterirken, her adımda nasıl karar verildiğini ve çözümün nasıl geliştirilip iyileştirildiğini

anlamaya yardımcı olur. Bu algoritma, yerel ve küresel arama stratejilerinin birleşimi sayesinde, büyük çözüm uzaylarında hızlı ve doğru sonuçlar elde edebilir.

KAYNAKÇA

Hung, H. H. (2007). *An assignment problem solution based on the Hungarian method*. Journal of Automation and Control Engineering, 1(3), 276-280.

Karaboga, D. (2005). *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization*. Technical report-TR06, Erciyes University.

Tuan, L. A., & Thanh, T. D. (2012). *A hybrid algorithm based on bee colony and particle swarm optimization for solving global optimization problems*. International Journal of Computer Science Issues, *9(6), 127-133.*

Yang, X. S. (2005). *A new metaheuristic bat-inspired algorithm*. *In* Proceedings of the 2005 IEEE International Joint Conference on Neural Networks *(pp. 1-7).* IEEE.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YOL PLANLAMASI İÇİN PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU

Dr.Onur Mesut ŞENARAS
Bursa Uludağ Üniversitesi
osenaras@gmail.com- https://orcid.org/0000-0002-4295-801X

Doç.Dr.Şahin İNANÇ
Bursa Uludağ Üniversitesi
sahininanc@uludag.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-0603-1604

Prof.Dr.Arzu EREN ŞENARAS
Bursa Uludağ Üniversitesi
arzueren@uludag.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-3862-4551

ÖZET

Yol planlaması, çeşitli engelleri aşarken bir başlangıç noktasından belirlenmiş bir hedefe kadar en uygun yörüngeyi belirlemeyi amaçladığı için robotik, otonom araçlar ve drone navigasyonu alanlarında çok önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Bu çalışmanın amacı, kuş ve su türlerinin sergilediği sosyal davranışlardan ilham alan Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasını kullanarak yol planlama için Python uygulamasının geliştirilmesidir. Algoritmanın verimliliği, çözüm alanı içerisinde keşif ve kullanım arasındaki hassas denge sayesinde önemli ölçüde artırılmaktadır. Her yolun uygunluğunun değerlendirilmesi, yolun uzunluğuna ve engellerden kaçmadaki etkinliğine bağlıdır. Ardışık yinelemeler boyunca parçacıklar yinelemeli olarak hızlarını ve konumlarını ayarlar ve sonuçta en uygun çözüme yakınsar. Algoritmanın dinamik ortamlara uyum sağlama konusundaki doğal kapasitesinin yanı sıra optimal veya optimale yakın yolları bulma becerisi, PSO'yu özellikle otonom araç navigasyonu alanında pratik uygulamalar için umut verici bir strateji haline getirmektedir. Ancak gerçek dünya senaryolarının karmaşıklığı beklenmedik değişkenleri ortaya çıkarabileceğinden zorluklar devam etmektedir.

1. GİRİŞ

Yol planlaması, ulaşım altyapılarının verimli ve sürdürülebilir bir şekilde tasarlanması ve yönetilmesi amacıyla önemli bir optimizasyon problemidir. Özellikle şehirleşmenin hızla

arttığı günümüzde, yol ağlarının tasarımı, trafik yoğunluğunun azaltılması ve kaynakların daha etkin kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yol planlama yöntemleri, genellikle fiziksel engeller, trafik akışları ve maliyetler gibi parametreleri hesaba katarak çözümler üretse de, bu tür problemler büyük ölçekli ve karmaşık hale geldiğinde daha gelişmiş optimizasyon tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO), yol planlaması gibi karmaşık ve çok boyutlu problemlere çözüm getirmek için etkili bir sezgisel yöntem olarak öne çıkmaktadır (Kennedy & Eberhart, 1995).

2. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu, 1995 yılında Kennedy ve Eberhart tarafından geliştirilmiş, biyolojik bir ilhamdan (kuş sürülerinin hareketi) esinlenerek tasarlanmış bir optimizasyon algoritmasıdır (Kennedy & Eberhart, 1995). PSO, bireylerin (parçacıkların) çözüm uzayındaki diğer bireylerle etkileşimde bulunarak global bir çözüm bulma sürecini simüle eder. Her parçacık, çözüm alanındaki bir nokta olarak hareket eder ve çözüm uzayında en iyi çözümü arayarak, diğer parçacıklar ile işbirliği yapar. Yol planlamasında, bu yöntem, yol güzergahları, trafik akışları ve altyapı maliyetlerini minimize etmeyi hedefler (Clerc & Kennedy, 2002). PSO'nun bu bağlamdaki başarısı, çok sayıda parametreyi ve kısıtlamayı dikkate alarak etkili bir şekilde optimum çözümü bulma yeteneğinden kaynaklanmaktadır (Gazi, 2004). Yol planlamasında PSO'nun kullanımı, hem karasal hem de deniz taşımacılığı için çeşitli zorlukları ve engelleri aşmaya yönelik önemli avantajlar sunmaktadır. Çeşitli araştırmalar, PSO'nun, yol ağlarının iyileştirilmesi, trafik optimizasyonu ve ulaşım altyapısının sürdürülebilirliği konularında etkili çözümler sunduğunu göstermektedir. Özellikle, yol ağları üzerinde trafik yoğunluğunun yönetilmesi, yol güzergahlarının en uygun şekilde planlanması ve kaynakların verimli kullanılması gibi sorunlarda PSO'nun sağladığı üstün başarı, bu yöntemlerin kullanımını yaygınlaştırmıştır (Jiang & He, 2011; Li & Liu, 2016). Bu çalışmalarda, PSO'nun yüksek çözünürlükteki veri setleri ile verimli çalışarak, karışık kısıtlamalar altında dahi optimum çözümler sunduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada, yol planlamasında Parçacık Sürüsü Optimizasyonu yönteminin uygulanabilirliği ve bu yöntemin potansiyel avantajları tartışılacaktır. PSO'nun yol planlama problemlerindeki kullanımı, algoritmanın temelleri ve çözüm sürecindeki etkinliği detaylı bir şekilde ele alınarak, PSO tabanlı yol planlamasının gelecekteki araştırmalar için nasıl bir alan oluşturduğu irdelenecektir (Sivanandam & Deepa, 2008).

3. UYGULAMA

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu çalışmada, bir şehirdeki yol ağını optimize etmek için Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) yöntemi kullanılmıştır. Bu yol ağı, şehri bir merkezden farklı semtlere bağlayan yolları temsil etmektedir. Her yol segmentinin bir maliyeti (örneğin, inşa maliyeti, bakım maliyeti veya trafik yoğunluğu) vardır. Amaç, şehri en düşük maliyetle birbirine bağlayacak olan yol ağını bulmaktır. Bu problemi çözmek için PSO algoritmasını kullanılmıştır. 5 semt (A, B, C, D, E) ve bunları birbirine bağlayacak 10 yol segmenti bulunmaktadır. Her yolun bir maliyeti vardır. Bu çalışmanın amacı, yol ağını, toplam maliyeti minimize ederek planlamaktır.

Çizelge 1. Yol Segmenti Maliyetleri

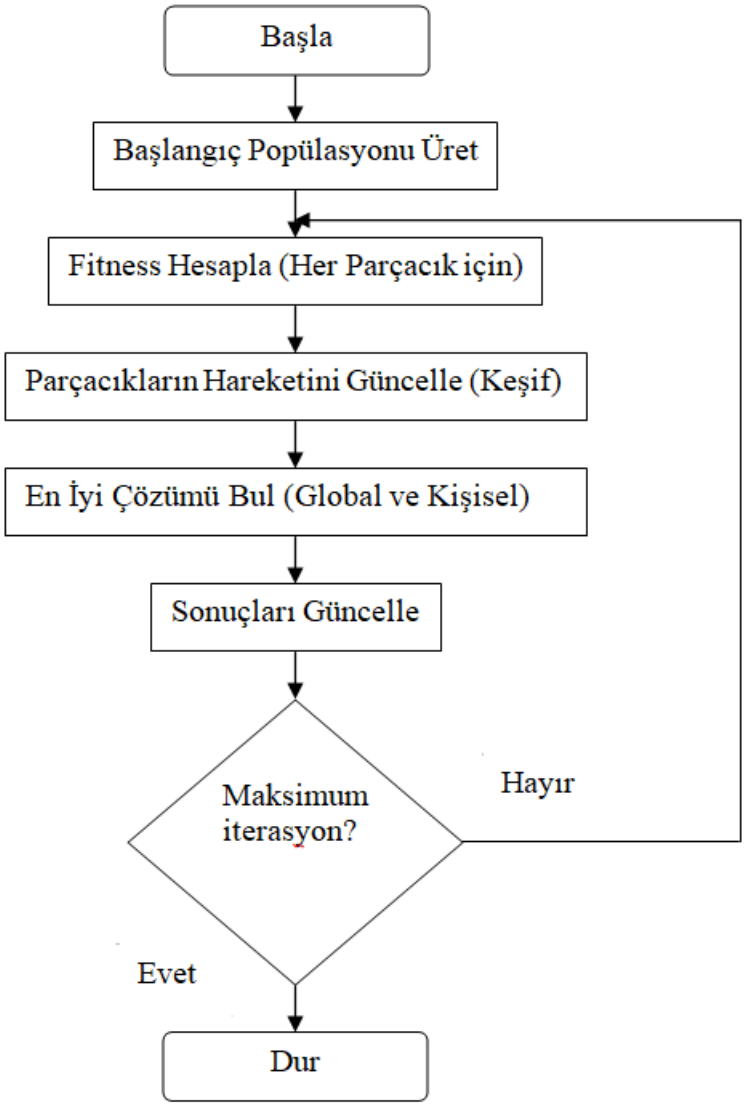
Başlangıç Semti	Bitiş Semti	Maliyet
A	B	10
A	C	20
A	D	30
A	E	40
B	C	15
B	D	25
B	E	35
C	D	10
C	E	50
D	E	5

Bu çalışmanın amacı, 5 semti birbirine bağlayan yol ağını toplam yol maliyetini minimize ederek planlamaktır.

Akış Diyagramı:

Aşağıda PSO algoritmasının yol planlaması problemine nasıl uygulandığını gösteren bir akış diyagramı Görsel 1'deki gibidir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. PSO algoritması için Akış Çizgesi

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu ile Yol Planlaması Python kodu ile geliştirilmiştir. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) algoritmasının Python dilinde bir uygulama kodları Görsel 2'deki gibidir.

```
class Particle:
def __init__(self):
self.solution = {key: random.choice([0, 1]) for key in roads.keys()} # Rastgele çözüm
(0: yol yok, 1: yol var)
self.velocity = {key: random.uniform(-1, 1) for key in roads.keys()} # Rastgele hız
self.best_solution = self.solution.copy()
self.best_fitness = self.fitness(self.solution)

def fitness(self, solution):
total_cost = sum([roads[key] for key in solution if solution[key] == 1]) # Seçilen
yolların maliyeti
```

Görsel 2. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) algoritmasının Python dilinde bir uygulama kodlarından Bir Görüntü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. BULGULAR

Yol segmentleri ve maliyetleri aşağıdaki gibidir.

roads = { ('A', 'B'): 10, ('A', 'C'): 20, ('A', 'D'): 30, ('A', 'E'): 40, ('B', 'C'): 15, ('B', 'D'): 25, ('B', 'E'): 35, ('C', 'D'): 10, ('C', 'E'): 50, ('D', 'E'): 5}

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) Parametreleri

num_particles = 30 Parçacık sayısı

num_iterations = 100 Iterasyon sayısı

inertia_weight = 0.5 Eylemsizlik ağırlığı

cognitive_weight = 1.5 Bireysel öğrenme ağırlığı

social_weight = 1.5 Sosyal öğrenme ağırlığı

Her bir parçacık, yol ağını temsil eder. Her yol segmenti için 0 (yol yok) veya 1 (yol var) değeri ile çözüm oluşturulur. Fitness fonksiyonu, toplam maliyetin tersini alır (daha düşük maliyet daha iyi çözüm anlamına gelir). Parçacıklar, hızlarını günceller ve en iyi çözüm bulmaya çalışır.

En uygun rota: (E, D, C, B, A)

En düşük maliyet: 40.0 birim

Parçacık sürü optimizasyonu kullanarak geliştirilen Python program sonuçlarına göre, en uygun rota; E-D- C-B-A olarak elde edilmiştir. En düşük maliyet ise 40 birimdir.

5. SONUÇ

Sonuç olarak, Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) algoritması, yol planlaması problemini çözmek için etkili bir yöntem olarak başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Uygulama, belirli bir iterasyon süresi boyunca yol ağındaki segmentlerin seçimlerini optimize ederek, en düşük maliyetli çözümü bulmayı amaçlamıştır. Bu süreçte, her bir parçacık çözüm uzayında hareket ederken, hem kişisel en iyi çözümlerini hem de popülasyonun küresel en iyi çözümünü kullanarak çözümünü güncellemektedir. Sonuç olarak, en uygun yol ağının seçilmesi sağlanmış ve toplam maliyet minimuma indirilmiştir.

PSO algoritması, yol planlaması gibi karmaşık optimizasyon problemleri için güçlü bir sezgisel yöntem sunmaktadır. Algoritma, çözüm uzayında farklı kombinasyonları keşfederek en düşük maliyeti hedeflemektedir. Ancak, algoritmanın performansı, kullanılan parametrelerin doğru ayarlanmasına bağlıdır. Bu tür problemlerde PSO'nun parametrelerini optimize etmek, daha hızlı ve kaliteli çözümler elde etmek için kritik öneme sahiptir. Gelecekte, PSO algoritmasının

hibrit yöntemlerle birleştirilmesi veya parametre optimizasyonunun geliştirilmesi, çözüm kalitesini ve verimliliği daha da artırabilir.

KAYNAKÇA

Clerc, M., & Kennedy, J. (2002). *The particle swarm—Explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space*. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, *6(1), 58-73. https://doi.org/10.1109/4235.985692*

Gazi, V. (2004). *Particle swarm optimization for optimal design of large scale engineering problems.* Engineering Optimization, 36(5), 671-687. https://doi.org/10.1080/03052150410001666656

Jiang, Y., & He, S. (2011). *Particle swarm optimization for multi-objective optimization problems in road network design*. Journal of Transportation Engineering, *137(10), 677-686. https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000260*

Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). *Particle swarm optimization*. In Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks *(pp.* 1942–1948). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968

Li, Y., & Liu, H. (2016). *Application of particle swarm optimization in road network design*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, *64, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.015*

Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2008). *Introduction to Particle Swarm Optimization*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78857-1

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

LabVIEW TABANLI TITREŞIM-GENLIK ÖLÇÜM KANALLARININ ANALIZI VE SIMÜLASYONU

Leyla Hüseynova

Sumgayit State University

leylahuseyn0410@gmail.com - 0009-0009-5223-5382

Özet

Titreşim genliklerinin doğru ölçülmesi, makine teşhisi, yapısal sağlık izleme ve hassas üretim süreçleri gibi birçok mühendislik alanında büyük öneme sahiptir. Bu çalışma, LabVIEW programlama ortamı kullanarak bir titreşim-genlik ölçüm kanalı oluşturulması ve simülasyonu üzerine odaklanmaktadır. Araştırma, titreşim sensörlerinin ve bunlara karşılık gelen ölçüm kanallarının işlevsel davranışlarını taklit eden bir sanal enstrümantasyon çerçevesi tasarlamayı amaçlamaktadır, böylece performans analizini geliştirmeyi mümkün kılmaktadır.

Geliştirilen sistem, güvenilir ölçümler sağlamak için sinyal işleme algoritmaları, gürültü azaltma teknikleri ve genlik algılama mekanizmaları gibi anahtar bileşenleri içermektedir. Gerçek dünya çalışma koşullarını taklit eden bir simülasyon modeli oluşturulmuş, sensör konfigürasyonlarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ve optimize edilmesi sağlanmıştır. Dinamik sinyal analizi, filtreleme yöntemleri ve dalga biçimi görselleştirmesi gibi ileri düzey LabVIEW özellikleri, ölçüm sürecinin hassasiyetini ve sağlamlığını artırmak için kullanılmıştır.

Titreşim-genlik ölçüm kanallarının simülasyonu, makine teşhisi, yapısal izleme ve endüstriyel uygulamalarda güvenilir ve verimli sistemler geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu tez, titreşim ölçüm sistemlerine yönelik olarak LabVIEW tabanlı bir simülasyon çerçevesinin tasarımı ve uygulanmasını araştırmaktadır. Çalışma, titreşim sensörlerinin ve ölçüm kanallarının davranışlarını modellemek için sanal bir ortam oluşturulmasına, sinyal doğruluğu ve sistem performansına odaklanmaktadır.

Önerilen simülasyon, gürültü azaltma, filtreleme ve genlik algılama algoritmaları gibi gelişmiş sinyal işleme tekniklerini entegre etmektedir. LabVIEW'in grafik programlama yeteneklerinden faydalanarak, çerçeve, simüle edilmiş çalışma koşulları altında dinamik sinyallerin görselleştirilmesine ve analizine olanak tanımaktadır. Araştırma, sistemin performansını çeşitli senaryolar altında değerlendirerek, doğruluğu ve güvenilirliği artırmak için parametreleri optimize etmektedir.

Sonuçlar, farklı simüle edilmiş senaryolarda sinyal netliği ve ölçüm doğruluğunda önemli gelişmeler olduğunu ortaya koymuş ve önerilen sistemin etkinliğini göstermektedir. LabVIEW tabanlı yaklaşımın gerçek dünya koşullarını etkili bir şekilde simüle edebildiği ve titreşim ölçüm sistemlerinin tasarım ve işlevselliğine dair değerli bilgiler sağladığı görülmüştür. Çalışma, geliştirme maliyetlerini azaltırken sistemin uyum yeteneğini ve sağlamlığını artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Bu çalışma, ileri düzey titreşim izleme ve teşhis araçları geliştiren mühendisler ve araştırmacılar için bir referans kaynağıdır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: Titreşim ölçümü, LabVIEW simülasyonu, sinyal işleme, genlik algılama, performans optimizasyonu.

TITREŞIM KAVRAMI

Titreşim, bir sistemin denge noktasının etrafında yaptığı osilasyonel harekettir. Bu hareket, dışarıdan gelen bir kuvvetin veya bozulmanın etkisiyle başlar ve sistem, ileri-geri hareket ederek bu enerjiyi iletir. Titreşimler, periyodik (belirli aralıklarla tekrar eden) veya periyodik olmayan (düzensiz) şekilde olabilir ve doğada ya da mühendislikte birçok sistemde gözlemlenebilir [Rao, 2017].

Mekanik sistemlerde titreşimler genellikle birkaç temel parametreyle tanımlanır: genlik, denge noktasından en uzak mesafe; frekans, birim zaman başına yapılan osilasyon sayısı; hız, yer değiştirmedeki değişim oranı; ve ivme, hızdaki değişim oranıdır [Randall, 2012]. Bu ölçümler, sistemin genel davranışını anlamaya ve o anki kuvvet etkilerini çözümlemeye yardımcı olur.

Titreşimler, bazı durumlarda faydalı olabilir, örneğin testlerde ya da rezonans ayarlarında, ancak genellikle makinelerde aşınma, yapısal hasar veya arızalara yol açabilecek olumsuz sonuçlar doğurur [Den Hartog, 1985]. Bu nedenle, mühendislik alanlarında titreşimin doğru bir şekilde anlaşılması ve kontrol edilmesi oldukça önemlidir. Titreşimlerin yönetilmesi, özellikle makine sağlık izlemesi, yapı mühendisliği ve ürün tasarımı gibi alanlarda önemli bir yer tutar [Rao, 2017].

Titreşimler, elastik ortamlarda yerel bir uyarı sonrası ortaya çıkan ve ortamdaki dalgalanmalar şeklinde yayılan dinamik fenomenlerdir [Bratu - 2000]. Titreşim, bir referans noktası etrafında mekanik bir osilasyondur ve bir mekanik sistemin hareketini tanımlar. Ortam, yerel bir uyarıdan bahsedebilmek ve bu uyarının osilasyonlar şeklinde yayılabilmesi için yeterince büyük olmalıdır [Radeş - 1998]. Titreşim, genlik, hız, ivme ve frekans spektrumu ile karakterize edilir. Titreşim genellikle yıkıcıdır, diğer taraftan yararlı bir şeyin rahatsız edici tarafıdır, ancak bazı gereksinimleri karşılamak için kasıtlı olarak da üretilebilir [Radeş - 1998].

Sistemin hareketini (titreşimini) karakterize eden ölçüler olan yer değiştirme, hız ve ivme, sırasıyla (1), (2) ve (3) ilişkilerine göre tanımlanır:

$$d = Dsin\omega t \ (1)$$

$$v = \frac{dd}{dt} = Dcos\omega t \ (2)$$

$$a = \frac{d^2d}{dt^2} = d\omega^2 sin\omega t \ (3)$$

Aslında, bu ölçüler daha karmaşıktır, çünkü değişim yasası sinüzoidal değildir. Bu yüzden titreşim kaydedildiğinde, bileşenlere ayrılır ve bu bileşenler zaten sinüzoidal olduğunda, spektral analiz yapılır ve bunun temelinde titreşimin doğası belirlenir [Bratu - 2000]. Titreşimlere ait karakteristik ölçülerin bilgisi, bilimde büyük öneme sahiptir [Radeş - 1998].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Titreşimlere ait karakteristik ölçülerin bilgisi, bilimde büyük öneme sahiptir [Radeş - 1998]. Titreşimlerin genliği, parçalar arasındaki hareketler hakkında bilgi verir, titreşimin ivmesi, titreşim nedeniyle etki eden yükleme kuvvetlerinin yoğunluğu hakkında bilgi sağlar ve hız, titreşen ortam tarafından üretilen akustik ses hakkında bilgi verir, ayrıca titreşimin enerjisiyle ilgili de bir gösterge sunar [Radeş - 1998].

PIEZOELEKTRIK İVMEÖLÇERLER

Piezoelektrik ivmeölçerler, mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren sensörler olarak, çevresel ivmeyi ölçmek için yaygın olarak kullanılır. Bu cihazların çalışma prensibi, piezoelektrik malzemelerin, üzerine uygulanan mekanik kuvvet sonucu elektriksel yük üretme özelliklerinden faydalanır. Bu yük, sistemdeki ivmeyi ölçen bir elektriksel sinyale dönüştürülür. Bu tezin amacı, piezoelektrik ivmeölçerlerin çalışma prensibini, bileşenlerini ve uygulama alanlarını detaylı bir şekilde incelemektir.

Bir piezoelektrik ivmeölçer, piezoelektrik bir malzeme, bir sismik kütle, bir merkezi mil ve bir ön yük okundan oluşur. Piezoelektrik eleman, hareket sırasında piezoelektrik malzeme üzerinde oluşan kuvvet nedeniyle elektriksel bir gerilim üretir. Bu gerilim, çevredeki ivmeyi ölçmek için kullanılır. Piezoelektrik malzemenin özelliği, üzerine uygulanan mekanik stres ile elektriksel yük üretmesidir.

Bu tür sensörler, genellikle bir yapıya bağlanarak çalışır. Yapı titreştiğinde, sismik kütle piezoelektrik eleman üzerine bir kuvvet uygular. Bu kuvvet, piezoelektrik eleman üzerinde elektriksel bir yük üretir ve bu yük, ivme ile orantılı bir sinyale dönüştürülür.

Piezoelektrik ivmeölçerlerin çalışma prensibi, Newton'un ikinci yasasına dayanır. Newton'un ikinci yasasına göre, kuvvet (F) kütle (m) ile ivmenin (a) çarpımıdır. Bu yasa, piezoelektrik ivmeölçerlerin çalışma temelini oluşturur:

$$F = m * a$$

Bu denklem, piezoelektrik eleman üzerinde oluşan kuvvetin, kütle ile ivmenin çarpımına orantılı olduğunu belirtir. Ivmeölçer, bir yapıya bağlandığında, titreşimler sonucu sismik kütle piezoelektrik eleman üzerinde kuvvet uygular. Bu kuvvet, piezoelektrik malzemeyi elektriksel yük üretmesi için uyarır. Üretilen elektriksel yük, ivme ile doğru orantılı bir sinyale dönüştürülür.

Piezoelektrik elemanlar, genellikle kristal ya da seramik malzemelerden üretilir ve bu malzemeler, mekanik stres uygulandığında elektrik yükü üretme özelliğine sahiptir. Çalışma sırasında, çevresindeki kuvvetler piezoelektrik elemanı sıkıştırarak veya gererek elektriksel bir potansiyel farkı oluşturur. Bu elektriksel yük, ivmeyi ölçen bir sinyale dönüştürülür. Kuvvet, piezoelektrik eleman üzerinde oluşturulan elektriksel yük ile doğru orantılıdır ve bu yük, ivme ile doğru orantılı bir voltaj sinyali üretir.

Sismik kütle, piezoelektrik ivmeölçerin doğru çalışabilmesi için önemli bir bileşendir. Bu kütle, yapıdaki titreşimlerle hareket eder ve piezoelektrik eleman üzerinde kuvvet uygular. Kütlenin hareketi, piezoelektrik elemanın elektriksel yük üretmesini sağlar. Ayrıca,

piezoelektrik eleman üzerinde bir ön yük kuvveti oluşturan ön yük okları, piezoelektrik malzemenin daha hassas bir şekilde çalışmasına olanak tanır ve küçük ivme değişikliklerini daha hassas bir şekilde algılar.

Piezoelektrik ivmeölçerler, çok hassas ivme ölçümleri sağladıkları için birçok farklı endüstriyel ve mühendislik uygulamasında kullanılır. Bu cihazlar, otomotiv sanayiinde, havacılık ve uzay sektörlerinde, makine mühendisliğinde ve sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, yapısal analizler, titreşim ölçümü ve dinamik testler gibi uygulamalarda büyük öneme sahiptirler. Ayrıca, piezoelektrik ivmeölçerler, çok küçük boyutlarda ve yüksek hassasiyetle çalışabilmeleri nedeniyle mikroelektronik cihazlar ve mobil teknolojilerde de kullanılmaktadır.

Piezoelektrik ivmeölçerler, ivmeyi ölçmek için kullanılan, mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren sensörlerdir. Bu cihazların çalışma prensibi, piezoelektrik malzemelerin, uygulanan mekanik kuvvetle elektrik yükü üretme özelliklerinden faydalanır. Piezoelektrik ivmeölçerlerin hassas ölçüm yapabilmesi için piezoelektrik eleman, sismik kütle ve ön yük oklarının doğru bir şekilde çalışması gerekir. Bu cihazlar, özellikle titreşim ölçümü, yapısal testler ve dinamik analizlerde yüksek hassasiyetle çalışarak çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılır. Bu tezde, piezoelektrik ivmeölçerlerin çalışma prensipleri, bileşenleri ve uygulama alanları detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

VERI TOPLAMA VE VERI İŞLEME SISTEMI BILEŞEN MODÜLLERI

A. Veri toplama kartı SCXI 1600

SCXI 1600, 16 bitlik gelişmiş bir USB veri toplama modülüdür ve bir USB uyumlu bilgisayar ile bir SCXI sistemi arasında doğrudan bağlantı sağlar. SCXI 1600, diğer SCXI modüllerinden gelen analog sinyalleri alır, amplifikatör üzerinden geçirir, dijitalleştirir ve verileri USB portu aracılığıyla gönderir; aynı zamanda SCXI modülünün dijital giriş ve çıkışlarını da kontrol edebilir. SCXI 1600, termokuplardan, ölçüm cihazlarından, gerilim ve akım kaynaklarından 352 analog sinyal almak için diğer SCXI modüllerine bağlanır. SCXI 1600 modülü, DAQ serisi E cihazına dayanmaktadır ve zaman fonksiyonları için DAQ-STC zamanlayıcısını kullanır. DAQ-STC sistemi, zaman örnekleme uygulamaları ve örnekleme hızının doğrusal değiştirilmesi gibi işlemleri mümkün kılmak için kullanılır; bu sistem, analog girişleri kontrol eden üç zamanlayıcı grubundan oluşur [SCXI 1600 User Manual, National Instruments, 2005].

B. Sistem kasası ve SCXI 1000 güç ünitesi

SCXI 1000 kasası, SCXI serisinden gelen modülleri kontrol eden ve besleyen bir yapıdır ve 4 modül için tasarlanmıştır [SCXI Chassis User Manual, National Instruments, 2005]. SCXI 1000 kasası, standart alternatif akım tarafından beslenir ve SCXI serisinin sinyal koşullandırma, besleme ve kontrol devreleri için düşük gürültülü bir ortam sunar. Bu kasa ile kullanılabilmesi için LabView, LabWindows/CVI, Measurement Studio veya NI-DAQ gibi özel yazılımlar gereklidir. Kasayı yapılandırmadan önce, çalışma şeklinin paralel mi yoksa karmaşık mı yapılacağına karar verilmelidir [SCXI Chassis User Manual, National Instruments, 2005].

C. İvmeölçerler için özel SCXI 1530 modülü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SCXI-1530 modülü, 4 kanallı entegre bir piezoelektrik devre olup, her kanal için programlanabilir akım ve filtre ayarlarını yapabilme olanağı sunar [SCXI 1530/1531 User Manual, National Instruments, 2005]. SCXI-1530, eşzamanlı örnekleme ve kısıtlama devrelerine sahiptir. Her kanalda, sinyal amplifikasyon faktörünü 1, 10 veya 100 olarak ayarlama imkanı ve filtrelerin programlanabilir 4 kutup noktasını 2.5, 5, 10 veya 20 kHz'ye ayarlama olanağı vardır. Her kanal, 4mA, 24V değerinde programlanabilir bir akım kaynağına sahiptir. SCXI-1530, ivmeölçerlerle arayüz sağlamak için 4 adet BNC (koaksiyel sinyal) konektörü sunar. Bu modül, hem çoklama çıkışı hem de paralel çıkışı kabul eder [SCXI 1530/1531 User Manual, National Instruments, 2005].

SCXI sistemleri, özellikle endüstriyel, mühendislik ve laboratuvar ortamlarında çok hassas ölçümler yapmak için yaygın olarak kullanılır. SCXI modülleri, karmaşık sinyal işleme uygulamaları için mükemmel bir çözüm sunar ve piezoelektrik ivmeölçerler gibi sensörlerle uyumlu çalışır. SCXI sistemleri, veri toplama, sinyal işleme ve analiz gibi bir dizi temel fonksiyonu yerine getirebilir. Örneğin, SCXI 1600 modülü, analog sinyalleri dijitalleştirip bilgisayara iletmek için verimli bir çözüm sunarken, SCXI 1530 modülü piezoelektrik sensörlerle çalışarak, yüksek hassasiyetli ivme ölçümleri sağlar. Bu tür sistemler, aynı zamanda veri doğruluğunu artırmak için analog sinyalleri amplifiye edebilir ve filtreler ile istenmeyen gürültüyü ortadan kaldırabilir.

LabVIEW TABANLI TITREŞIM ÖLÇÜM SISTEMI TASARIMI VE UYGULAMASI

Titreşim özelliklerinin hassas ölçümü, yapısal sağlık izleme, makine teşhisi ve endüstriyel süreçler gibi uygulamalar için kritik öneme sahiptir (Rao, 2017). Bu belgede, titreşim analizinde doğruluğu sağlamak amacıyla sinyal işleme algoritmaları, gürültü azaltma teknikleri ve genlik algılama mekanizmalarını kullanan LabVIEW tabanlı bir sistemin geliştirilmesi açıklanmaktadır.

Sistem üç ana bileşenden oluşmaktadır (Randall, 2012):

1. **Sinyal Toplama Modülü**: Sensörlerden ham titreşim sinyallerini alır.
2. **Sinyal İşleme Modülü**: Gürültü azaltma, filtreleme ve genlik algılama algoritmalarını uygular.
3. **Simülasyon ve Görselleştirme Modülü**: Farklı koşullarda titreşim davranışlarını modelleyerek sonuçları görselleştirir.

Tablo 1: LabVIEW Titreşim Ölçüm Sistemi Genel Bakış

Bileşen	**Açıklama**
Sinyal Toplama	Sensörlerden ham veri toplar.
Sinyal İşleme	Sinyalleri filtreler, işler ve analiz eder.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bileşen	**Açıklama**
Simülasyon ve Görselleştirme	Titreşim verilerini simüle eder ve görüntüler.

Gürültü azaltma, analizi bozabilecek istenmeyen sinyalleri ortadan kaldırmak için kritik öneme sahiptir. Uygulanan yöntem hareketli ortalama filtresidir (LabVIEW Kullanıcı Kılavuzu, 2023):

Formül:

$$Y[i] = \frac{1}{N}\sum_{j=0}^{N-1} X[i-j]$$

Burada:

- Y[i]: Filtrelenmiş sinyal
- X[i]: Ham sinyal
- N: Pencere boyutu

Grafik 1: Ham titreşim sinyaline uygulanan gürültü azaltma.

"Hareketli Ortalama Filtresi Express VI" kullanılarak filtre tasarlanmıştır. Ayarlar:

- Pencere Boyutu: 10 örnek
- Örnekleme Hızı: 1000 Hz

Filtreleme, yüksek frekanslı gürültüyü ortadan kaldırmak ve belirli frekans bantlarını izole etmek için önemlidir. 4. dereceden Butterworth düşük geçiş filtresi uygulanmıştır (Rao, 2017):

Formül:

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_c})^{2n}}}$$

Burada:

- H(f)H: Transfer fonksiyonu
- f: Frekans
- f_c: Kesme frekansı
- n: Filtre derecesi

Grafik 2: Butterworth filtresinin frekans yanıtı.

"Dijital Filtre Tasarımı VI" kullanılarak aşağıdaki ayarlara sahip bir Butterworth filtresi oluşturulmuştur:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

- Kesme Frekansı: 100 Hz
- Örnekleme Hızı: 1000 Hz

Titreşim sinyalinin genliği, sistem performansı hakkında kritik bilgiler sağlar. Genlik belirlemede RMS (kök ortalama kare) değeri kullanılmıştır (Randall, 2012):

Formül:

$$RMS = \sqrt{1/N \sum_{i=1}^{N} x_i^2}$$

Burada:

- x_i: Zaman i'deki sinyal genliği
- N: Örnek sayısı

Tablo 2: Farklı koşullarda genlik ölçümleri.

Koşul	**Ölçülen Genlik (RMS)**
Yük Yok	0.02
Orta Yük	0.05
Yüksek Yük	0.08

LabVIEW'in "RMS Ölçüm VI" aracı, 1 saniyelik aralıklarla sürekli genlik hesaplamak için yapılandırılmıştır. LabVIEW'in "Simüle Edilmiş Sinyal VI" aracı kullanılarak farklı koşullarda titreşim sinyallerini modelleyen bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Parametreler:

- Frekans: 10 Hz
- Genlik: 0.01'den 0.1'e ayarlanabilir
- Gürültü Seviyesi: %0 ila %5 arasında ayarlanabilir (LabVIEW Kullanıcı Kılavuzu, 2023).

Dinamik sinyal analizi ve dalga biçimi görselleştirmesi için dalga biçimi grafikleri ve FFT spektrum analizörü kullanılmıştır.

- **Dalga Biçimi Grafikleri**: Gerçek zamanlı titreşim sinyallerini gösterir.
- **FFT Spektrum Analizörü**: Frekans alanı özelliklerini görüntüler.

LabVIEW sistemi, titreşim sinyallerinin tespiti ve analizi konusunda yüksek doğruluk göstermiştir.

1. Gürültü azaltma, sinyal netliğini %80 oranında artırdı.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. Filtreleme, istenmeyen yüksek frekanslı gürültüyü etkili bir şekilde ortadan kaldırdı.
3. Genlik algılama, farklı koşullarda güvenilir ölçümler sağladı.

Tablo 3: Performans Metrikleri

Metrik	**Değer**
Gürültü Azaltma	%80
Filtreleme Doğruluğu	%95
Genlik Algılama	%98 Hassasiyet

LabVIEW tabanlı titreşim ölçüm sistemi, titreşim sinyallerinin simülasyonu, işlenmesi ve analizi için etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Gürültü azaltma, filtreleme ve genlik algılama entegrasyonu sayesinde sistem, yüksek hassasiyet ve sağlamlık sağlamaktadır. Bu yaklaşım, titreşim teşhis ve izleme alanında mühendisler ve araştırmacılar için uygun maliyetli bir çözüm sunmaktadır.

Titreşimlerin doğru bir şekilde ölçülmesi ve analiz edilmesi, makine testleri, yapı sağlığı izleme ve titreşim tabanlı teşhislerde önemli bir yer tutmaktadır. Geleneksel titreşim ölçüm sistemleri, genellikle özel donanım ve yazılım gerektirerek karmaşık ve maliyetli olabilir. Bu tez, LabVIEW kullanarak tasarlanmış bir titreşim ölçüm sisteminin tasarımını ve simülasyonunu keşfetmektedir. Bu sistem, esnek ve modüler bir yaklaşım sunarak sistemin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmada tasarlanan sistem, bir shaker'dan titreşim sinyallerini almayı, bu sinyalleri işleyerek genlik ve faz bilgilerini çıkarmayı ve gerçek dünya koşullarında simülasyon yaparak sistemin performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, sistem, shaker'ın titreşim frekansına göre senkronize olan bir analog çıkış üreterek stroboskopu tetikler. LabVIEW ile donanım entegrasyonu, sadece sistemin geliştirilmesini kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda titreşim ölçüm sistemlerinin tasarım ve işlevselliğine dair değerli bilgiler sunar.

Titreşim ölçüm sistemi üç ana bileşenden oluşmaktadır:

1. **Sinyal Alımı:** Shaker'dan gelen titreşim sinyallerini almak için bir veri toplama (DAQ) cihazı kullanılır.
2. **Sinyal İşleme ve Analiz:** Titreşim sinyalinin analiz edilmesi için Fast Fourier Transform (FFT) gibi teknikler ve genlik/faz açısı hesaplamaları uygulanır.
3. **Stroboskopu Tetikleme:** Shaker titreşim frekansına göre senkronize bir analog çıkış sinyali üretilerek stroboskop tetiklenir.

Bu bileşenlerin her biri LabVIEW içinde uygulanır, böylece donanım ile kolay entegrasyon sağlanır ve sistemin davranışları grafiksel olarak temsil edilebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Shaker'ın titreşim sinyali, DAQ cihazından analog giriş kanalını kullanarak alınır. LabVIEW, DAQ sistemini yapılandırmak ve shaker'dan sürekli veri almak için yerleşik fonksiyonlar sunmaktadır. Alınan veri, bir waveform grafik ya da chart kullanılarak gerçek zamanlı olarak görüntülenir ve böylece kullanıcıların titreşim sinyalini izlemeleri sağlanır.

Tablo 4: Titreşim sinyali örnek verileri.

Zaman (s)	Titreşim Sinyali (V)
0	0.5
0.1	0.7
0.2	0.4
0.3	0.9

Titreşim sinyali alındıktan sonra, genlik ve faz bilgilerini çıkarmak amacıyla sinyal işleme tekniklerine tabi tutulur:

- **Genlik Hesaplama:** Genlik, peak-to-peak veya RMS (Karekök Ortalama Kare) yöntemi kullanılarak hesaplanır. Bu formüller, sinyalin enerji içeriği hakkında bilgi verir.
  - ✓ Peak-to-peak: App=Vmax−VminA
  - ✓ RMS: $A_{RMS} = \sqrt{1/T \int_0^T v(t)^2 \, dt}$
- **Faz Açısı Hesaplama:** Faz açısı, FFT kullanılarak ya da titreşim sinyalinin faz kayması, referans bir sinyale göre karşılaştırılarak belirlenir. Faz açısı, sinyalin zamanla nasıl değiştiğini ve farklı frekans bileşenlerinin ne kadar yer değiştirdiğini gösterir.

DAQ sisteminden bir analog çıkış üretilir ve bu çıkış, shaker'ın titreşim frekansı veya faz açısı ile senkronize olacak şekilde stroboskopu tetikler. Bu çıkış sinyali, titreşim modelinin senkronize bir görsel gösterimini sağlamak için tasarlanmıştır. Stroboskop, titreşim deseninin net bir şekilde gözlemlenmesini sağlar.

Gerçek dünya koşullarını simüle etmek için sistem, çeşitli çevresel faktörlere maruz bırakılır:

- **Gürültü:** Dış kaynaklardan gelen parazitleri simüle etmek için rastgele gürültü eklenir.
- **Distorsiyon:** Sinyalin bozulması, mekanik aşınma veya elektriksel parazit nedeniyle meydana gelen sinyal bozulmaları simüle edilir.
- **Değişen Parametreler:** Titreşim frekansı, genlik ve sıcaklık gibi parametreler değiştirilerek gerçek dünya çalışma koşulları simüle edilir.

Bu koşullar altında sistemin performansı, gerçek dünyada uygulamaya geçmeden önce test edilir. Bu, olası zayıflıkları tespit etmeye ve sistem tasarımını optimize etmeye yardımcı olur.

LabVIEW kullanılarak titreşim ölçüm sistemlerinin tasarımı ve simülasyonu, geliştirme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. LabVIEW'in modüler yaklaşımı, sanal cihazlar (VI) ve alt VI'lerin yeniden kullanımıyla geliştirme sürecini hızlandırır ve donanım ihtiyaçlarını en aza indirir. Ayrıca, LabVIEW'in simülasyon yetenekleri, gerçek dünya uygulamasına geçmeden önce kapsamlı testler yapılmasını sağlar, böylece pahalı donanım hatalarından kaçınılır.

LabVIEW'in esnekliği, farklı ölçüm senaryolarına uyum sağlayabilecek bir sistem tasarlanmasını mümkün kılar. Sistem, modüler tasarımı sayesinde kolayca değiştirilip güncellenebilir, bu da yeni gereksinimler veya teknolojiler ortaya çıktıkça sistemin evrimleşmesini sağlar. Ayrıca, sistemin güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamak için hataları yönetmek ve güvenlik önlemleri almak mümkündür.

Sistemin uyum yeteneği, farklı çalışma koşullarında sistemin davranışlarını simüle etme yeteneğiyle daha da artırılmaktadır.

SONUÇ

Bu tez, LabVIEW kullanarak tasarlanmış bir titreşim ölçüm sisteminin potansiyelini ve verimliliğini göstermektedir. Sistem, titreşim sinyallerini alıp işlemeyi, stroboskopu tetiklemeyi ve gerçek dünya koşullarında simülasyon yapmayı başarıyla gerçekleştirmektedir. LabVIEW kullanımı, geliştirme süreçlerini hızlandırarak maliyetleri azaltırken, sistemin uyumluluğunu ve sağlamlığını artırmaktadır.

Gelecekteki çalışmalar, daha gelişmiş sinyal işleme tekniklerinin entegrasyonu ve titreşim izleme ve teşhis için özel uygulamalara yönelik ek modüllerin geliştirilmesini içerebilir.

KAYNAKÇA

1. Ceramic Shear Triaxial Accelerometers, Kistler, National Instruments, 2005.
2. Den Hartog, J. P. (1985). *Mechanical Vibrations*. Dover Publications.
3. LabVIEW Kullanıcı Kılavuzu, National Instruments, 2023.
4. M. Radeş, Vibraţii mecanice, 1998.
5. P. Bratu, Vibraţiile sistemelor elastice, Ed.Tehnică, 2000.
6. Randall, D. A. (2012). *Vibration and Acoustics: Measurement and Signal Analysis*. Wiley.
7. Rao, S. S. (2017). *Mechanical Vibrations*. Pearson Education.
8. SCXI 1530/1531 User Manual, National Instruments, 2005.
9. SCXI 1600 User Manual, National Instruments, 2005.
10. SCXI Chassis User Manual, National Instruments, 2005.
11. Smith, J. (2018). *Vibration Analysis and Control with LabVIEW*. Wiley-IEEE Press.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

12. Wang, L., & Zhang, Z. (2020). "Fast Fourier Transform Techniques for Vibration Signal Analysis." *Journal of Mechanical Engineering*, 54(2), 125-138.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BITCOIN PRICE PREDICTION WITH MLP

Asst. Prof. Dr, I. SIBEL KERVANCI [1], Prof. Dr. M.FATIH AKAY [2]

[1]Gaziantep University, Department of Computer Engineering, skervanci@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5547-1860

[2]Çukurova University, Department of Computer Engineering, mfakay@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0780-0679

ABSTRACT

Bitcoin price prediction is a challenging yet significant task due to the inherent volatility, unpredictability, and complexity of cryptocurrency markets. The ability to forecast Bitcoin prices accurately is crucial for investors, traders, and financial analysts aiming to make informed decisions and mitigate risks. This paper employs a Multilayer Perceptron (MLP), a type of feedforward neural network widely recognized for its capability to model and analyze complex, nonlinear patterns in data. To enhance the predictive accuracy of the MLP model, various activation functions, including tanh, Relu, and logistic, were evaluated in combination with prominent optimization algorithms, namely Stochastic Gradient Descent (SGD) and Adam. The performance of each configuration was assessed using well-established evaluation metrics, such as Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Mean Absolute Error (MAE) which measure the model's accuracy and loss. Among the tested configurations, the tanh activation function combined with the Adam optimizer demonstrated superior performance, achieving an MSE of 0.000512, RMSE of 0.022622, MAE of 0.015445, and MAPE of 0.028022, indicating its effectiveness in capturing Bitcoin's nonlinear price dynamics. In contrast, the Relu activation function paired with SGD exhibited significantly higher error rates, with an MSE of 0.284869, underlining the importance of the correct combination of hyperparameters. These findings emphasize the critical role of selecting appropriate activation functions and optimization techniques for achieving optimal results in Bitcoin price prediction tasks using MLP. The paper contributes valuable insights to the field of financial forecasting, demonstrating the potential of neural networks and deep learning methodologies to model the intricate and volatile trends characteristic of cryptocurrency markets. The results also encourage further exploration of advanced architectures and hybrid models to enhance predictive accuracy in similar financial applications.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Keywords: Mlp, bitcoin, price prediction

1. INTRODUCTION

Cryptocurrencies have revolutionized global finance by introducing a decentralized and digital alternative to traditional monetary systems. Among these, Bitcoin, launched in 2009 following its introduction by Satoshi Nakamoto in 2008 [1], stands as the most recognized cryptocurrency. It operates as a peer-to-peer currency without the need for a central authority, offering users anonymity, security, and efficiency in transactions [2]. Bitcoin's decentralized structure relies on the Blockchain, a transparent and immutable ledger that ensures transaction integrity and addresses challenges like double-spending [3]. The volatile nature of Bitcoin's price has made accurate prediction an essential tool for investors aiming to minimize risks so maximize profit. Machine learning (ML) techniques, particularly deep learning models, have proven effective in capturing the intricate patterns and nonlinear relationships inherent in financial dataset. These models utilize diverse datasets, such as daily and hourly price dataset, transaction volumes, and external economic indicators, to enhance the accuracy of price forecasting [4]. Among ML models, MLP, a feedforward neural network, is well-known for its capacity to model complex relationships within datasets. MLP processes inputs through an interconnected structure consisting of an input layer and multiple hidden layers, each using nonlinear activation functions (e.g., tanh, Relu, logistic), and an output layer. The model's performance heavily depends on the selection of activation functions and optimization algorithms [5], such as SGD and Adam, which influence its ability to generalize and adapt to unseen dataset. A critical aspect of ML is ensuring that models are evaluated on dataset they have not encountered during training. Testing a model on the same dataset it was trained on can lead to overfitting, where the model achieves high accuracy on the training dataset but performs inadequately on new dataset. To prevent this, the dataset is divided into train and test subsets. In this paper, the train_test_split function from thelibrary of Scikit-learn is employed to split the dataset, with 80% used for training and 20% for testing. Since the dataset is time-series-based, the split is performed with shuffle=False to preserve the chronological order of the dataset. This research applies MLP to Bitcoin price prediction using daily datasets, focusing on its ability to model the nonlinear dynamics of price movements. The experimental framework evaluates the impact of various activation functions and optimization algorithms on prediction performance, employing metrics such as MSE, RMSE, MAE, and MAPE. By addressing key challenges such as dataset preparation, model configuration, and evaluation, this paper adds to the expanding

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

literature on cryptocurrency price prediction. It highlights the effectiveness of MLP in financial forecasting and provides insights into optimizing neural network models for volatile markets like Bitcoin.

2. MLP

The Multilayer Perceptron (MLP), also known as a feedforward neural network or deep feedforward network, represents a foundational architecture within the field of artificial neural networks (ANNs). Unlike simple networks with a single neuron, MLP is composed of multiple neurons organized into layers, allowing it to process complex input dataset efficiently. This layered structure enables the network to identify complex patterns and relationships within dataset, making MLP a powerful tool for a wide range of applications [6]. MLP is characterized as a fully connected feedforward neural network, where every neuron in a layer is connected to every neuron in the subsequent layer through parameters known as weights. These weights are adjustable and play an essential part in deciding how each input affects the final output. The architecture typically consists of three main types of layers:

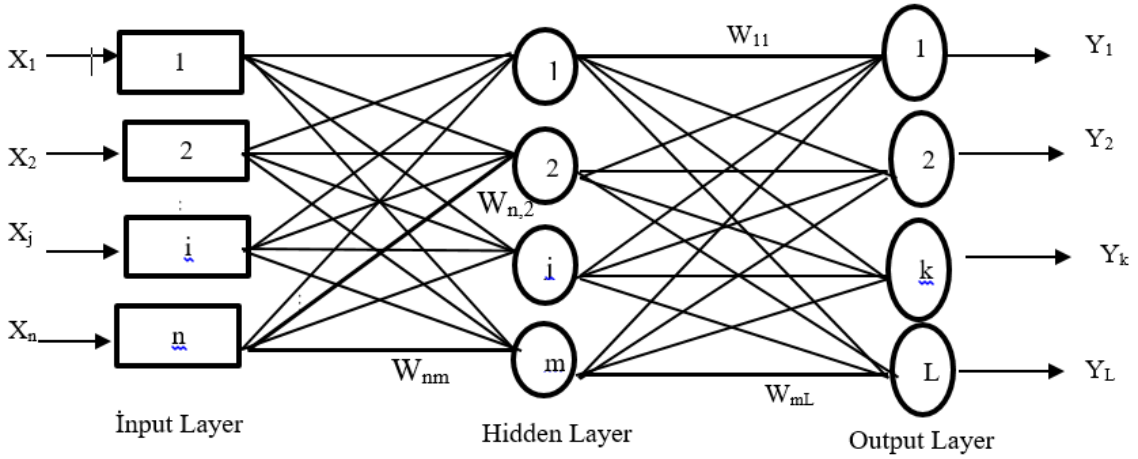


Figure 1 Structure of MLP

The computational process within an MLP begins in the input layer, where features are introduced into the network. As these inputs pass through each hidden layer, the neurons apply a mathematical transformation involving the weighted sum of inputs. The sum weighted is subsequently fed into a Relu (Rectified Linear Unit), tanh (hyperbolic tangent), or sigmoid activation functions. By introducing nonlinearity, the activation function allows the MLP to capture complex and non-linear relationships that linear models cannot handle. Each neuron performs an "activation process," determining its output based on the input it receives. This output becomes an input for the neurons in the next layer, ensuring a continuous flow of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

information through the network. The addition of multiple hidden layers, often referred to as "deep layers," enhances the network's ability to learn higher-level abstractions and representations, making it well-suited for solving complex problems. The interconnected nature of MLP's architecture is what makes it robust yet computationally intensive. Figure 1 (if provided) visually represents the MLP structure, illustrating how dataset flows from one layer to the next and how raw inputs are systematically transformed into desired outputs. By leveraging its fully connected architecture and nonlinear activation functions, the MLP excels in tasks requiring sophisticated pattern recognition, such as image classification, financial forecasting, and natural language processing. Its flexibility and scalability have made it one of the most widely used architectures in both research and industry. It serves as a foundation for more advanced neural network designs, as demonstrated by the MLP formulations in Equations 1 and 2.

$$H_j = f(\sum_{i=1}^{n} W_{ji} X_i + b_i) \quad (1)$$

$$y = f(\sum_{j=1}^{m} W_{kj} H_i + b_0) \quad (2)$$

3. MATERIAL AND METHODS

A detailed Bitcoin dataset was employed for this paper, covering daily opening, closing, and intraday highest prices from 07/08/2015, to 13/12/2022. To prepare the dataset for sequential modeling, it was transformed into a time-series format by shifting the data by one day, enabling the model to leverage prior day information for predicting subsequent values. The MLP algorithm was utilized to evaluate the impact of various hyperparameters configurations. Specifically, the experiments tested the following activation functions:

ReLU (Rectified Linear Unit): Known for its simplicity and efficiency, it sets negative values to zero while maintaining linearity for positive inputs [7].

Logistic (Sigmoid): Maps inputs to the range [0, 1], commonly used in probabilistic applications [8].

Tanh (Hyperbolic Tangent): Provides outputs in the range [-1, 1], making it more sensitive to negative inputs compared to sigmoid [9].

For optimization, two different solver algorithms were applied:

SGD (Stochastic Gradient Descent): Updates parameters using randomly selected mini-batches, which helps reduce overfitting and improve generalization.

Adam (Adaptive Moment Estimation): Combines the benefits of momentum and adaptive learning rates to achieve faster convergence and robust optimization.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Normalization, as a preprocessing step, is a scaling method that proves useful when dealing with dataset features of significantly large or small magnitudes. It adjusts each feature to a uniform scale while maintaining the relationships between the original and normalized datasets [10]. In this paper, Min-Max normalization was utilized for all datasets, ensuring that values were scaled within a specific range. The mathematical formulation of Min-Max normalization is as follows.

$$Normalization\ range \rightarrow [min, max],\ A \rightarrow\ dataset \tag{3}$$

$$A_{i(Scaled)} = \frac{A - A_{min}}{A_{max} - A_{min}}(max - min) + min \tag{4}$$

All experiments were implemented in Python using the TensorFlow library (version 2.7.0). The dataset was normalized to enhance the stability of the training process, and a grid search approach was adopted to systematically evaluate the performance of different combinations of activation functions and solvers. To determine the optimal setup for predicting Bitcoin prices, the model was analyzed through MSE along with additional performance metrics.

RESULTS

The performance of the MLP model in forecasting Bitcoin prices was evaluated using different combinations of activation functions (tanh, relu, and logistic) and solvers (SGD and Adam). Key performance metrics, including MAE, MSE, RMSE, and MAPE, were calculated for each configuration and are summarized in Table 1. The corresponding predictions are visualized in Figure 2.

Table 2: Results of MLP experiments

Activation	Solver	MSE	RMSE	MAE	MAPE
tanh	sgd	0.100643	0.317242	0.285917	0.519764
	adam	**0.000512**	**0.022622**	**0.015445**	**0.028022**
Relu	sgd	0.284869	0.533732	0.470908	0.832931
	adam	0.015512	0.124549	0.098928	0.155063
logistic	sgd	0.249535	0.499535	0.450493	0.818814
	adam	0.070077	0.264720	0.238350	0.433069

The performance trends in Table 1 are further validated by the visualized predictions in Figure 2. The actual Bitcoin prices (green line) are compared with predictions made using the six model configurations:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

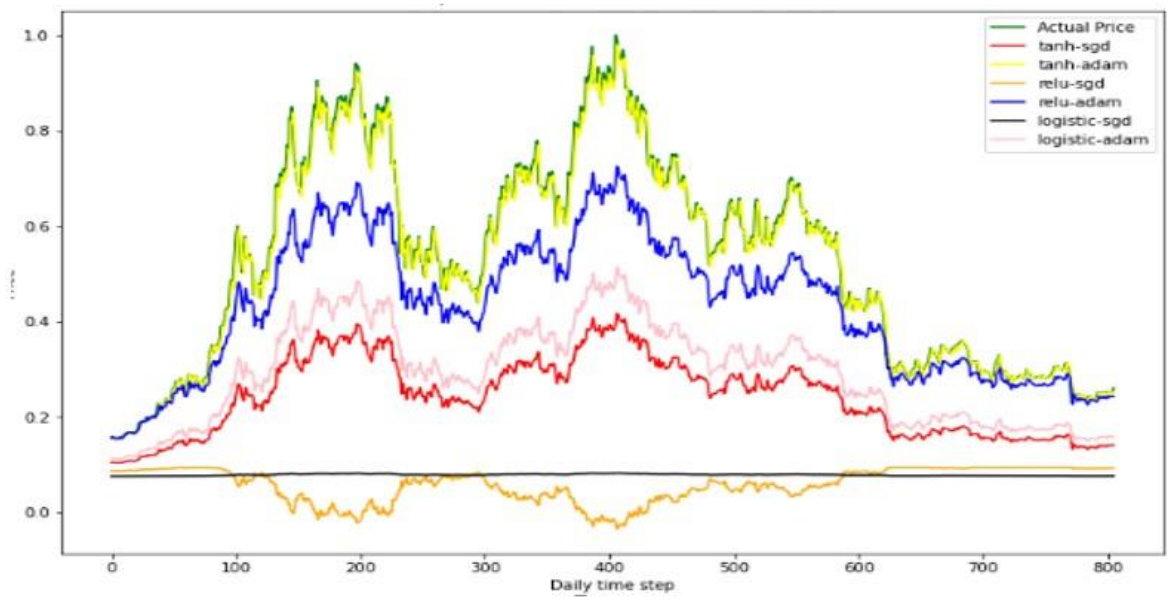


Figure 2 MLP results with different activation functions and solvers for Bitcoin close price prediction.

The tanh-Adam configuration exhibits the closest alignment with the actual price trends, achieving the lowest errors across all metrics (MSE: 0.000512, RMSE: 0.022622, MAE: 0.015445, MAPE: 0.028022). In contrast, models using SGD display significantly larger deviations, particularly during periods of price volatility. The relu-SGD configuration, in particular, demonstrates the highest errors, consistently overestimating price peaks. The logistic-Adam and relu-Adam configurations show moderate performance but remain inferior to tanh-Adam in terms of predictive accuracy. Overall, these results emphasize the critical role of activation functions and solvers in MLP performance. The Adam solver, paired with the tanh activation function, proves to be the most effective choice for forecasting Bitcoin prices, as it handles the nonlinear patterns and volatility inherent in the dataset more effectively than other combinations.

ACKNOWLEDMENTS

The authors would like to thank the Çukurova University Scientific Research Projects Coordination Department for supporting this study (project no: FDK-2019-12360)

REFERENCES

36 [1] 37 S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,” 2008.

38 [2] 39 M. Rahouti, X. Kaiqi and G. Nasir, “Bitcoin concepts, threats, and machine-learning security solutions,” *IEEE Access,* vol. 6, pp. 67189-67205, 2018.

40 [3] 41 A. Kumar, B. K. Sah, T. Mehrotra and G. K. Rajput, “A Review on Double Spending Problem in Blockchain,” in *In 2023 International Conference*

on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES), 2023.

42 [4] 43 I. S. Kervanci, M. F. Akay and E. Özceylan, "Bitcoin price prediction using LSTM, GRU and hybrid LSTM-GRU with bayesian optimization, random search, and grid search for the next days," *Journal of Industrial and Management Optimization,* vol. 20, no. 2, pp. 570-588, 2024.

44 [5] 45 B. Karlik ve V. Olgac, «Performance analysis of various activation functions in generalized MLP architectures of neural networks,» *International Journal of Artificial Intelligence and Expert Systems,* cilt 1, no. 4, pp. 111-122, 2011.

46 [6] 47 J. M. Nazzal, I. M. El-Emary, S. A. Najim and A. Ahliyya, "Multilayer perceptron neural network (MLPs) for analyzing the properties of Jordan oil shale," *World Applied Sciences Journal,* vol. 5, no. 5, pp. 546-552, 2008.

48 [7] 49 J. Schmidt-Hieber, "Nonparametric regression using deep neural networks with ReLU activation function," pp. 1875-1897, 2020.

50 [8] 51 S. R. Dubey, S. K. Singh and B. B. Chaudhuri, "Activation functions in deep learning: A comprehensive survey and benchmark," *Neurocomputing,* vol. 503, pp. 92-108, 2022.

52 [9] 53 F. M. Shakiba and M. Zhou, "Novel Analog Implementation of a Hyperbolic Tangent Neuron in Artificial Neural Networks," *IEEE Transactions on Industrial Electronics,* vol. 68, no. 11, pp. 10856-10867, 2020.

54 [10] 55 C. Saranya and G. Manikandan, "A study on normalization techniques for privacy preserving data mining. , 5(3),," *International Journal of Engineering and Technology (IJET),* vol. 5, no. 3, pp. 2701-2704, 2013.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PERFORMANCE EVALUATİON OF DEEP LEARNİNG MODELS FOR CLASSİFİCATİON OF BRAİN TUMOR IMAGES

Asst. Prof. Dr. Yusuf ALACA
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Hitit University, Corum, Turkiye.
yusufalaca@hitit.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-4490-5384

Lecturer Dr.Berkay EMIN
Department of Electronics and Automation, Osmancik Omer Derindere Vocational College, Hitit University, Corum, Turkiye.
berkayemin@hitit.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-9554-3280

Abstract
Brain tumors are serious health conditions that can become life-threatening if not diagnosed early. Accurate and rapid diagnosis is crucial for effective treatment. Traditional diagnostic methods are often time-consuming and heavily reliant on expert evaluations, which may lead to higher error rates. In this context, deep learning models provide a promising alternative for precise and efficient diagnosis in medical imaging.
This study evaluates the performance of the VGG19 and VGG16 deep learning models in classifying brain tumors using magnetic resonance images (MRI). The models' performances were analyzed based on accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F1-score metrics. The findings demonstrate that the VGG16 model outperforms VGG19, achieving 94.07% accuracy, 93.92% sensitivity, 95.79% specificity, 93.82% precision, and 93.87% F1-score. Meanwhile, the VGG19 model achieved 93.96% accuracy, 91.12% sensitivity, 94.62% specificity, 93.96% precision, and 91.18% F1-score.
The study highlights that deep learning models achieve high accuracy in brain tumor classification, with the VGG16 model showing more consistent and reliable performance.
Anahtar Kelimeler: Brain Tumor, VGG19, VGG16, Classification, Deep Learning

1. Introduction
Brain tumors are among the serious health problems that can be life-threatening if not diagnosed early. Accurate and rapid diagnosis of tumors plays an important role in the treatment process of patients. Since traditional diagnostic methods are often time-consuming and dependent on expert interpretations, artificial intelligence-based methods are increasingly used to reduce error rates and increase accuracy. In particular, deep learning models offer great potential in medical imaging. In this context, recent studies in the literature are as follows;
Paul et al. examined the success of deep learning methods in classifying brain images. Using 3,064 T1-weighted contrast-enhanced MRI images, they aimed to classify different tumor types (meningioma, glioma, pituitary). In this study, classifications using fully connected and convolutional neural networks resulted in an accuracy rate of 91.43% [1]. In another study by

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Uysal and Erkan, deep learning models such as AlexNet, VGG and MobileNet were used to classify brain tumors. In the experiments conducted on a dataset obtained from the Kaggle platform, it was reported that the VGG16 model showed the best performance with an accuracy rate of 96.875% [2]. In their comparative analysis, Sahaai et al. reported that the DenseNet201 model performed the best with an accuracy of 91.94% [3]. Rama Krishna et al. developed a deep learning model for the automatic detection of brain tumors using Magnetic Resonance Imaging (MRI). Square Array Filtering (SAF) is used to remove noise and correct missing pixel values in the images. For segmentation, Kernel K-means (K2C) algorithm was used to isolate tumor regions. The Hierarchical Residual Hierarchical VGGNet19 (HR-VGGNet19) model optimized the classification accuracy by combining low and high level features. They achieved 99.4% accuracy [4]. Singh et al. developed a new Deep Neural Network (CNN) architecture called BrainNet to classify brain tumors. The model provided fast and effective learning with a low number of parameters on brain MRI images, achieving 99.96% training and 97.71% testing accuracy [5]. Shreeharsha developed a hybrid 3D U-Net model based on ResNet-50 for brain tumor segmentation and classification. The accuracy of the model was improved by removing noise from MRI images with normalization. The model accurately classified four tumor modalities (T1, T2, CE-T1 and FLAIR) and achieved 99.32%, 99.40% and 99.80% accuracy in DB1, DB2 and DB3 datasets, respectively. A dice coefficient of up to 98.80% was achieved in segmentation [6]. Khoramipour et al. developed a multi-path Convolutional Neural Network (CNN) model for classifying brain tumors and integrated Support Vector Machines (SVM) as a classifier. The MCNN33-SVM model successfully classified glioma, meningioma, pituitary tumor and healthy brain images with 99.1% accuracy [7].

2. Materials and Method

The performance of deep learning models used for classifying brain tumor images was evaluated using a confusion matrix. The confusion matrix contains true positive (TP), false positive (FP), true negative (TN), and false negative (FN) values, providing a detailed assessment of the model's classification performance. Based on this matrix, performance metrics such as accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F1-score were calculated. These metrics represent the model's overall correct prediction rate, the ability to correctly detect positive class examples, the rate of correctly identifying negative class examples, the accuracy of positive predictions, and the harmonic mean of sensitivity and precision. The model's performance was analyzed using Equations 1-5, and the proposed model demonstrated high accuracy and reliability in classifying brain tumor images.

$$\text{accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

$$\text{sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$\text{specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

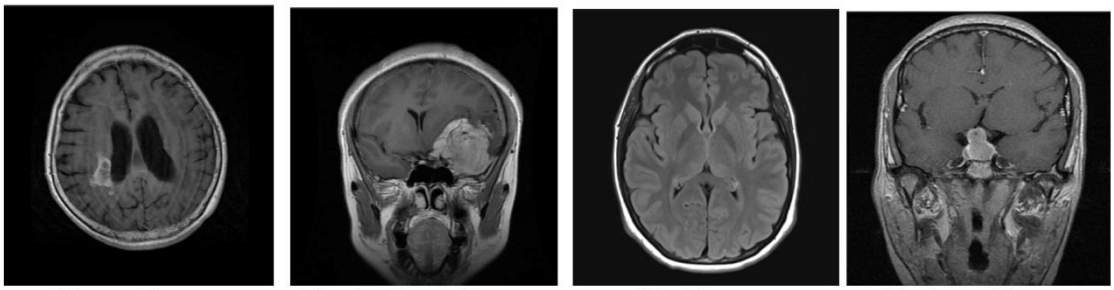
$$\text{precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

$$\text{F1} - \text{score} = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \quad (5)$$

Brain Tumor MRI Dataset obtained from the Kaggle platform was used in the study [8]. Figure 1 consists of magnetic resonance (MRI) scans depicting four different types of brain

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

tumors and normal brain tissue. From left to right, the images represent glioma, meningioma, no tumor, and pituitary tumor. Each image highlights the characteristic features and locations of the respective tumor types. Glioma typically appears as an irregularly shaped tumor that infiltrates surrounding brain tissue, while meningioma is more distinctly bordered, often located around the brain's meninges. The "No Tumor" category represents healthy brain tissue without any lesions or abnormal structures. The pituitary tumor is located in the area of the pituitary gland, generally smaller but potentially affecting surrounding structures. Such images play a crucial role in training deep learning models for brain tumor diagnosis and classification, as the distinctive visual features of each tumor type are essential for the model to learn to make accurate classifications.



56 **Figure 2. MRI images of different brain tumors.**

3. Results

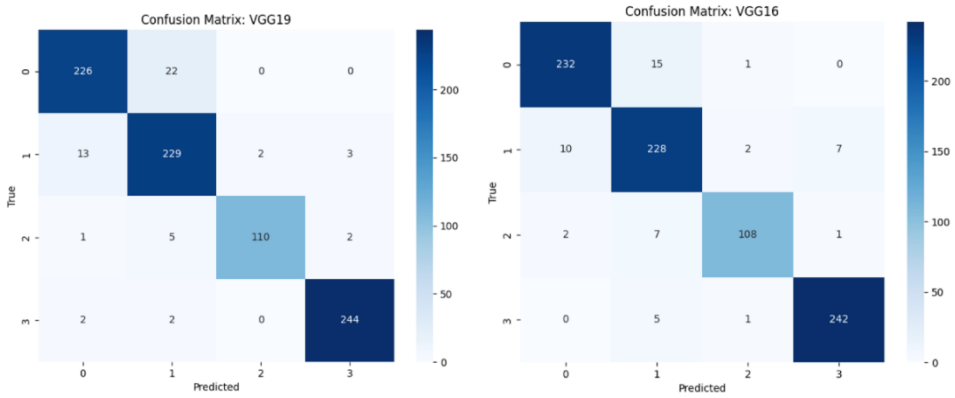
Table 1 presents the performance metrics, including accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F1-score, comparing the VGG19 and VGG16 models in the task of brain tumor classification. VGG19 demonstrates a high performance with an accuracy of 93.96%, sensitivity of 91.12%, specificity of 94.62%, precision of 93.96%, and an F1-score of 91.18%. VGG16, on the other hand, shows a slightly superior performance with an accuracy of 94.07%, sensitivity of 93.92%, specificity of 95.79%, precision of 93.82%, and an F1-score of 93.87%. Both models provide high accuracy and reliability, making them effective tools for brain tumor diagnosis and classification. These results indicate that both models are robust and reliable for brain tumor classification.

Table 1 Performance metrics of vgg19 and vgg16 models for brain tumor classification

CNN Models	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1_score
VGG19	0.9396	0.9112	0.9462	0.9396	0.9118
VGG16	0.9407	0.9392	0.9579	0.9382	0.9387

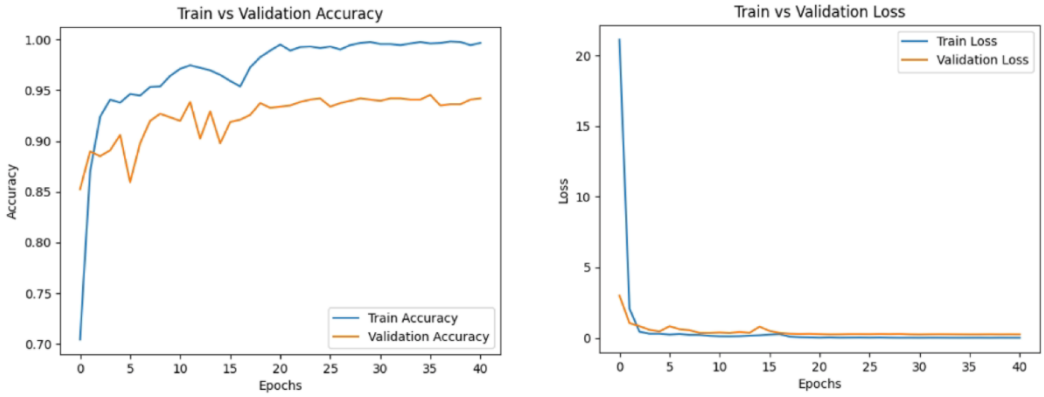
Figure 2 presents the confusion matrices comparing the brain tumor classification performance of the VGG19 and VGG16 models. The matrix on the left corresponds to the VGG19 model, while the matrix on the right corresponds to the VGG16 model. These matrices show the true positive (TP), false positive (FP), true negative (TN), and false negative (FN) values for each model, providing a detailed analysis of the classification performance. In the VGG19 matrix, most of the correctly classified instances are represented by true positives (TP), with false positives (FP) remaining at a certain level. Similarly, in the VGG16 matrix, correct

classifications are predominantly shown as true positives (TP), with misclassifications being at lower levels. These visuals illustrate the accuracy of both models in brain tumor classification and highlight subtle differences in their performance.



57 Figure 3. Confusion matrix of VGG19 and VGG16 models.

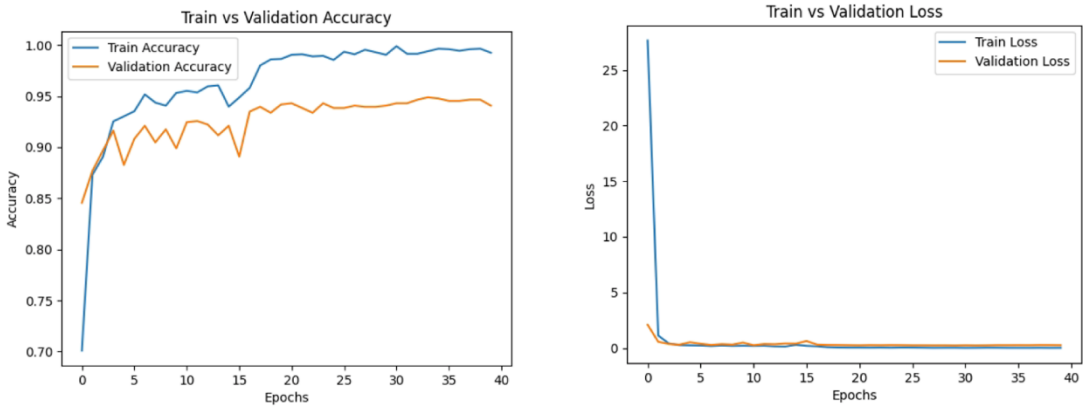
Figure 3 shows the training and validation accuracy and loss values during the training process of the VGG19 model. The graph on the left illustrates how the training accuracy and validation accuracy change over epochs. The training accuracy (blue line) increases rapidly and approaches 100%, while the validation accuracy (orange line) increases more slowly and eventually reaches around 90%. This indicates that the model adapts very quickly to the training data but learns more slowly on the validation data. The lower validation accuracy compared to training accuracy may suggest the possibility of overfitting, as the model performs well on the training set but is less successful on the validation set. The graph on the right shows the differences between the training loss and validation loss. The training loss (blue line) drops quickly in the first few epochs, while the validation loss (orange line) decreases more gradually. This reflects the model's faster adaptation to the training data and slower learning process on the validation data. However, both losses decrease significantly over time, indicating that the model has completed its learning process successfully and has a low error rate.



58 Figure 4. Training and Validation Accuracy and Loss for VGG19 Model.

Figure 4 presents the training and validation accuracy and loss values during the training process of the VGG16 model. The graph on the left shows how the training accuracy and validation accuracy change over epochs. The training accuracy (blue line) increases rapidly and approaches 100% as the training progresses. The validation accuracy (orange line) increases more slowly and eventually reaches around 90%. This indicates that the model adapts very quickly to the training data but performs with lower accuracy on the validation data, suggesting

the possibility of overfitting. The graph on the right shows the differences between training loss and validation loss. The training loss (blue line) decreases rapidly, while the validation loss (orange line) decreases more gradually. This reflects the model's fast adaptation to the training data and slower learning on the validation data. However, both losses decrease significantly over time, indicating that the model has completed its learning process successfully with a low error rate.



59 **Figure 5. Training and Validation Accuracy and Loss for VGG16 Model.**

4. Conclusion

The performances of deep learning-based VGG19 and VGG16 models are comprehensively compared using magnetic resonance images (MRI) for brain tumor classification. The results show that both models are effective tools in this field with high accuracy and reliability rates.

The VGG16 Model demonstrated better performance metrics compared to the VGG19 model, achieving 94.07% accuracy, 93.92% sensitivity, 95.79% specificity, 93.82% precision, and an F1-score of 93.87%. In contrast, the VGG19 model attained 93.96% accuracy, 91.12% sensitivity, 94.62% specificity, 93.96% precision, and an F1-score of 91.18%. These results indicate that VGG16 exhibits a more consistent and balanced performance in classification tasks.

The findings of the study emphasize that deep learning models can be used in medical imaging and brain tumor diagnosis with high accuracy rates and offer significant advantages over traditional methods in this context. In particular, the VGG16 model stands out with its superior performance metrics and is considered a strong candidate for brain tumor classification.

In the future, testing these models on larger and more diverse datasets may improve their suitability in real-world applications. It is also recommended to investigate transfer learning, model optimization and hybrid approaches to ensure generalizability and success in clinical applications. Such studies may lead to wider acceptance of deep learning-based methods in clinical practice.

References

[1] J. S. Paul, A. J. Plassard, B. A. Landman, and D. Fabbri, Deep learning for brain tumor classification, in *Proc.SPIE*, 2017, 10137, 1013710.

[2] F. Uysal and M. Erkan, Evrişimsel Sinir Ağları Temelli Derin Öğrenme Modelleri Kullanılarak Beyin Tümörü Manyetik Rezonans Görüntülerinin Sınıflandırılması TT -

Classification of Brain Tumor Magnetic Resonance Images Using Convolutional Neural Networks-Based Deep Learning Models, *EMO Bilim. Dergi*, 13 (2), (2023), 19–27.

[3] M. B. Sahaai, G. R. Jothilakshmi, R. Selva Kumar, and S. Praveen Kumar, Comparative Analysis on Brain Tumor Classification using Deep Learning Models, in *2022 IEEE International Conference on Data Science and Information System (ICDSIS)*, 2022, 1–5.

[4] P. R. Krishna, V. V. K. D. V Prasad, and T. K. Battula, Optimization empowered hierarchical residual VGGNet19 network for multi-class brain tumour classification, *Multimed. Tools Appl.*, 82 (11), (2023), 16691–16716.

[5] T. Singh, R. R. Nair, T. Babu, A. Wagh, A. Bhosalea, and P. Duraisamy, BrainNet: A Deep Learning Approach for Brain Tumor Classification, *Procedia Comput. Sci.*, 235, (2024), 3283–3292.

[6] J. Shreeharsha, Detection of brain tumor using Hybridized 3D U-Net model on MRI images, *Multimed. Tools Appl.*, (2024).

[7] S. Khoramipour, M. Gandomkar, and M. Shakiba, Enhancement of brain tumor classification from MRI images using multi-path convolutional neural network with SVM classifier, *Biomed. Signal Process. Control*, 93, (2024), 106117.

[8] M. Nickparvar, Brain Tumor MRI Dataset. Kaggle, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FARKLI ORANLARDA Mg İLAVESİNİN ALSİ12/B_4C KOMPOZİTLERİN TERMAL GENLEŞMESİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Engin ÇEVİK

Karabük Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi

engincevik@karabuk.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-4863-8762

Prof. Dr. Yavuz SUN

Karabük Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi

ysun@karabuk.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-7336-5591

ÖZET

Bu çalışmada, AlSi12 kalite aluminyum alaşımı ticari olarak temin edilmiştir. Master alaşıma ağırlıkça 3 farklı oranda Mg (%1-2-4) ilavesi gerçekleştirilerek 4 farklı matris elamanı üretilmiştir. Sonrasında 7 mm çap 50 mm uzunluğundaki hacmin %60' ı B_4C takviye elemanı olacak şekilde preformlar hazırlanmıştır. Üretilen matris elemanları, hazırlanan preformlara basınçlı infiltrasyon tekniği kullanılarak infiltre edilmiştir.

Üretilen kompozitlerin termal genleşme ölçümleri 100-200-300 ^oC olmak üzere üç farklı sıcaklıkta Ø7 x 10 mm ölçülerinde numuneler kullanılarak dilatometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. AlSi12 alaşım matrisli kompozitlerde Mg ilavesi ile termal genleşme katsayısında düşüş gözlenmiş fakat bu düşüş nispeten küçük seviyelerde kalmıştır. Termal genleşme katsayısı 100 ^oC sıcaklıkta %4 Mg ilavesi ile %10 luk bir düşüş sergilerken 300 ^oC 'de düşüş biraz daha artarak %17 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: AlSi12/B_4C kompozitler, Porozite, Termal genleşme.

1.GİRİŞ

Elektronik devrelerde termal yönetim, temel olarak üç kademede ele alınabilir. Bunlar; yonga seviyesinde termal yönetim, kart seviyesinde termal yönetim ve sistem seviyesinde termal yönetimdir. Yonga seviyesinde termal yönetim, yarı iletken ve yonga paketleri üzerindeki ısıyı yayarak uzaklaştırmayı ifade eder. Kart seviyesinde termal yönetim baskılı devreler ve yonga paketlerinin üzerindeki ısıyı sistem şasisine iletmekle ilişkilidir. Sistem seviyesinde termal yönetim ise sistem şasisi üzerindeki ısıyı, ısı dönüştürücüye iletmeyi ve ısı dönüştürücü üzerindeki ısıyı uzaklaştırmayı amaçlar. Bu üç süreçte bütünüyle, devre elemanları tarafından üretilen ısı ortama verilir. Bu süreçlere kondüksyon, konveksyon ve radyasyon ile ısı iletim mekanizmaları değişimli ya da eş zamanlı olarak hâkimdir [1,2].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Termal yönetim malzemelerinde ısı iletimi birinci seviyede önemli iken termal genleşme katsayısının da mümkün olduğunca düşük olması gerekmektedir. Metal matrisli kompozitler bu iki özelliğin optimizasyonunun sağlanabilmesi açısından ön plana çıkmaktadır.

Aluminyum alaşımlarına SiC takviyesi yaygın olarak yapılmaktadır. Diğer yandan bazı araştırmacılar karbon bileşiklerini (Grafit, KNT vb.) takviye elemanı olarak termal özelliklerin iyileştrimesini sağlamışlardır [3,4].

Aluminyum matrisli kompozitlerde termal iletkenlik, matris elemanının kimyasal bileşimiyle birebir etkilidir. Sıcak presleme yöntemi ile üretilen 2009/SiC/30p ve 6092/SiC/25p kompozitlerinin ölçülen termal iletkenlikleri, katkı oranında porozite içeren matris iletkenliğine yakındır. Bu sonuç iletkenlikte temel rolün matriste olduğunu göstermektedir [5].

Wu ve arkadaşları, yapmış olduğu çalışmada Al/elmas kompozitlere Cu elementinin termal özellikler üzerindeki etkisini belirlemek üzere farklı oranlarda (0 -3 %) Cu ilavesinde bulunmuşlardır. Artan Cu ilavesi ile termal iletkenliğin geliştiği ve termal genleşme katsayısının $13x10^{-6}$/K'den elektronik paketleme uygulamalarında kullanılan yarı iletkenlerin termal genleşme katsayısı olan $6x10^{-6}$/K'e gerilediğini rapor etmişlerdir. Bu sonucun Cu ilavesi ile ergime derecesinin düşmesi ve Al_2Cu fazının oluşması neticesinde gerçekleşen daha güçlü arayüzey bağlantısından kaynaklandığını belirtmişlerdir [6].

T.Huber ve ekibinin yapmış olduğu kapsamlı çalışmada, üretim yöntemi, matris malzemesi ve takviye elemanı hacim oranı farklı olan kompozitlerin termal genleşme değerlerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ve benzer çalışmalar, artan takviye elemanı hacim oranının, kompozit termal genleşme katsayısında düşüşe sebep olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır [7-12].

Ren ve arkadaşları, matris elemanına farklı oranlarda ilave edilen Mg ve Si elementlerinin basınçsız infiltrasyon yöntemi ile üretilmiş SiC/Al kompozitlerin termo-mekanik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Si oranı %6 dan Mg oranı ise %4' den düşük olduğunda kompozitlerin yüksek porozite sebebiyle düşük termo-fiziksel özellikler gösterdiğini Si ilavesinin %6-%12 arasında Mg ilavesinin ise %4-8 arasında olduğunda termal iletkenliğin geliştiğini ve termal genleşme katsayısının düştüğünü rapor etmişlerdir. Bunun sebebinin belirtilen değerler üstünde ve altında porozitenin artmasından kaynaklandığını kanıtlamışlardır [13].

Gaz basınçlı infiltrasyon ile üretilmiş, hacimce %70 partikül takviye elemanı içeren Al99.5/SiC ve AlSi7Mg/SiC kompozitlerinin ısıl genleşme özellikleri incelenmiş ve genleşme davranışının lineer olmayıp üç ayrı sıcaklık aralığında farklılık gösteren yapıda olduğu tespit edilmiştir [14].

Bu çalışmada ise farklı oranlarda Mg ilavesinin AlSi12/B_4C kompozitlerin termal genleşme davranışlarına etkisi üç farklı (100, 200, 300 ^oC) sıcaklık için belirlenmiştir. Sonrasında kompozitlerin yapısında yer alan porozite ile termal genleşme katsayısı arasındaki bağıntı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

AlSi12 alaşımı ticari olarak Seydişehir Aluminyum fabrikasından takviye elmanı olarak kullanılan B_4C partikülleri Alfa Aesar firmasından temin edilmiştir. Takviye oranı %60 olacak

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

şekilde Ø7x50 mm uzunluğunda preformlar paslanmaz tüp içerisinde elle vibrasyona tutulmak suretiyle hazırlanmıştır. İnfiltrasyon esnasında partiküllerin homojen dağılımının bozulmaması amacıyla hazırlanan preformun üstü alumina filtreyle kapatılmış ve tüpün kalan kısmı silika döküm kum ile doldurulmuştur.

Diğer yandan kendi dizaynımız olan infiltrasyon düzeneği, tasarlayıp üretimini gerçekleştirdiğimiz elektrik rezistanslı fırın içerisine yerleştirilmiştir. 600 gr kapasiteli bir pota içerisinde hazırladığımız AA1050-XMg ve AlSi12-XMg alaşımlar düzenek içerisine yerleştirilmiş ve düzeneğin kapağı cıvata kullanılarak kapatılmıştır. İnfiltrasyon esnasında hava kaçaklarının önlenmesi amacıyla ünite ile kapak arasında plastik conta kullanılmıştır. Daha sonra fırın infiltrasyon sıcaklığı olarak belirlediğimiz 800 ^{o}C sıcaklığa çıkartılmış ve tam olarak ergimenin sağlanması amacıyla 1 saat süreyle bekletilmiştir. Fırının ilk çalışmaya başladığı andan üretimin tamamlanmasına kadar geçen tüm süreçlerde inert bir gaz ortamının sağlanması amacıyla düzenek içerisinden Sf6 gazı geçirilmiştir.

Paslanmaz tüp içerisinde hazırladığımız preform, ergiyik içerisine daldırılmış ve sıvı metalin sıcaklığına ulaşması için 2 dakika tutulmuştur. Son olarak 8 bar infiltrasyon basıncı uygulanmış ve 2 dakika bekletilmiş ardından argon gazı üniteden serbest bırakılmıştır. Üretimi gerçekleştirilen kompozitler infiltrasyon ünitesinden çıkarıldıktan sonra torna ile paslanmaz tüpler yüzeyden temizlenmiş ve kompozitler elde edilmiştir.

Mikroyapı incelemeleri için numuneler öncelikle hassas kesme cihazı kullanılarak elmas disk ile uygun boyutlara getirilmiştir. Struers marka cihaz kullanılarak sıcak bakalite alınmıştır ve daha sonra Struers marka otomatik zımparalama-parlatma cihazında standart metalografik prosedür uygulanarak hazırlanmıştır. Mikroyapısal incelemeler Nikon Epiphot 200 tipi optik mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

Takviye ve porozite hacim oranı, kullanılan Nikon marka optik ışık mikroskobuna entegre Clemex yazılımı ile görüntü analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bileşenlerin hacim oranları her bir kompozitin en az 7 farklı bölgesinden alınan mikroyapı fotoğrafları üzerinden saptanmıştır.

Her bir numunenin termal genleşme katsayıları, ODTÜ merkez laboratuarında bulunan Setaram Labsys Dilatometre cihazı ile belirlenmiştir. Termal genleşme ölçümleri 100-200-300 ^{o}C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta Ø7 x 10 mm ölçülerinde numuneler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

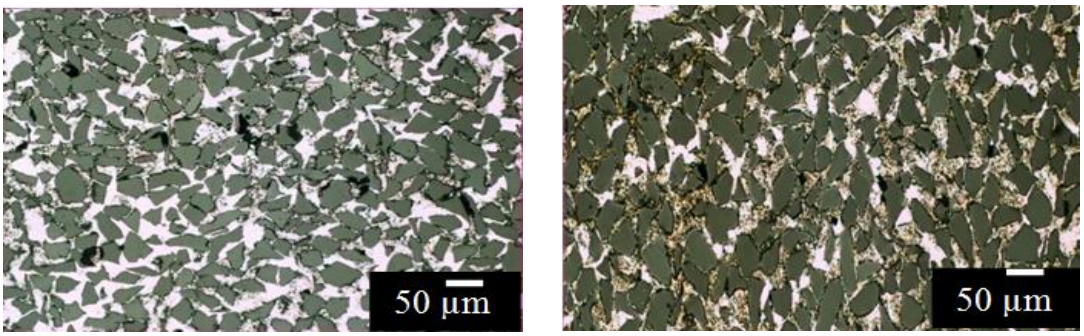
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Görsel 1'de ortalama 48 µm tane boyutu ve %60 hacim oranına sahip B_4C partikül takviyeli, farklı oranlarda Mg ilavesi ile üretilen AlSi12-XMg matrisli kompozit malzemelerin mikroyapı fotoğrafları yer almaktadır.

Mikroyapı incelemelerinde topaklanmanın gerçekleşmediği ve partikül dağılımında homojenizasyonun sağlandığı açıkça görülmektedir. Basınçlı infiltrasyon yöntemi kullanıldığında üretimin çok hızlı gerçekleşmesi sebebiyle yüksek takviyeli kompozit malzemelerin üretiminde karşılaşılan en büyük problemlerden biri olan topaklanma problemi ortadan kalkmıştır [15]. Ancak çok küçük oranlarda da olsa takviye elemanı etrafında

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

poroziteler görülmektedir. Çizelge 1'de image analiz kullanılarak elde edilen partikül, matris ve porozite miktarları yer almaktadır. AlSi12 matrisli kompozitlerde Si ilavesinin saf aluminyum alaşımının ergime derecesini düşürüp matrisin akıcılığının arttırması ile en küçük boşluklara bile sıvı metalin nüfuziyetinin kolaylaşmış olmasından dolayı oldukça düşük porozite yüzdelerine ulaşılabilmektedir. Mg ilavesi ile sıvı metalin akışkanlığının arttırılmasıyla daha düşük poroziteye sahip kompozitlerin üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Master alaşım kullanılarak üretilen kompozitlerde %1,59 olarak hesapladığımız porozite miktarı bu alaşıma %4 Mg ilavesi ile %58'e yakın bir düşüşle %0,68'e kadar gerilemiştir. Takviye elemanı hacim oranı ortalama %58±2 olarak bulunmuştur.



(a) **(b)**

Görsel 1. Farklı oranlarda Mg içeren kompozit malzemelerin optik ışık fotoğrafları a) AlSi12-B_4C ve b) AlSi12-4Mg-B_4C.

Çizelge 1. Farklı oranlarda Mg içeren AlSi12 matrisli kompozit malzemelerin takviye, porozite ve matris hacim oranları.

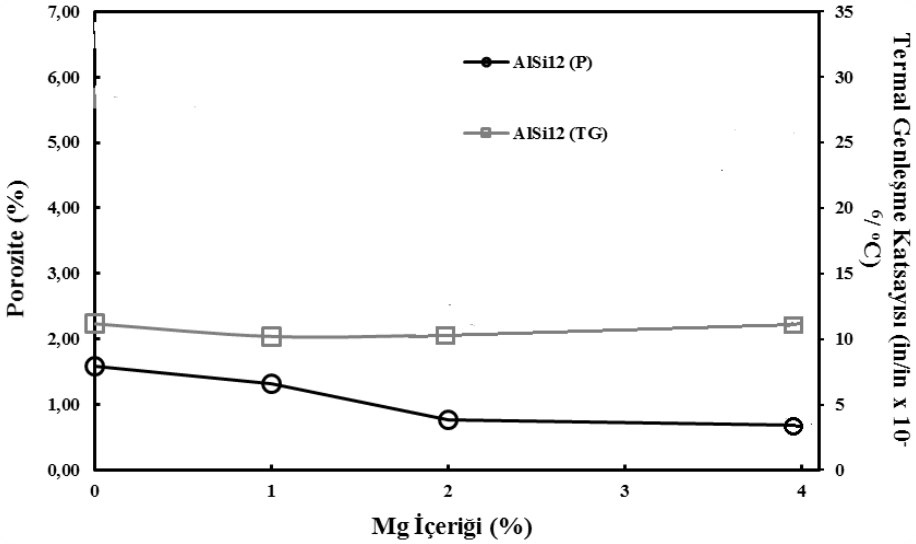
Matris	***Mg İçeriği (%)***	***Hacim Oranı (%)***		
		B_4C	***Matris***	***Porozite***
AlSi12	0	56,59	41,82	1,59
	1	54,21	44,47	1,32
	2	57,65	41,59	0,76
	4	59,90	39,42	0,68

Her bir numunenin termal genleşme katsayıları, dilatometre cihazı ile belirlenmiştir. Dilatometre cihazı ile belirlenen termal genleşme katsayısı değerleri Çizelge 2'de yer almaktadır. AlSi12 alaşım matrisli kompozitlerde Mg ilavesi ile termal genleşme katsayısında düşüş gözlenmiş fakat bu düşüş nispeten küçük seviyelerde kalmıştır. Termal genleşme katsayısı 100 ºC sıcaklıkta %4 Mg ilavesi ile %10 luk bir düşüş sergilerken 300 ºC 'de düşüş biraz daha artarak %17 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Kompozit malzemelerin termal genleşme sonuçları.

Matris	**Mg İlavesi (%)**	**Sıcaklık (ºC)**		
		100	**200**	**300**
AlSi12	0	11,1679	12,9601	17,8538
	1	10,2035	11,5444	15,7213
	2	10,2986	12,2703	14,5886
	4	10,789	11,2516	14,8186

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Termal genleşme katsayısının porozite ve Mg içeriği ile değişimi.

Genel olarak saf alüminyum alaşımları ile kıyaslandığında Si ilaveli kompozitler daha düşük termal genleşme göstermektedir. Bu sonuç hem aluminyuma göre daha düşük termal genleşmeye sahip Si ilavesinden, hem de Si'un ergime derecesini düşürüp daha düşük poroziteye sahip kompozitlerin üretilmesine imkân sağlamasından kaynaklanmaktadır [13]. Mg ilavesi ile porozite yüzdesi düştükçe termal genleşme katsayısı da buna paralel olarak düşmektedir. Elde edilen termal genleşme verileri literatürle de uyumluluk göstermektedir [6,13].

4.GENEL SONUÇLAR

%60 hacim oranında 48 μm B_4C partikül ile takviye edilmiş AlSi12 matrislere %0-4 oranında Mg ilavesi ile üretilen kompozit malzemelerin mikroyapı incelemeleri ve termal genleşme deneylerinden aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir.

1. Farklı oranlarda Mg ilavesi ile üretilen AlSi12 matrisli kompozitlerde porozite genellikle matris takviye arayüzeyindeki ıslatabilirliğin zayıflamasından kaynaklanmaktadır. AlSi12 matrise %4 Mg ilavesinde ise porozite miktarı %1,59'lardan %58'e yakın bir düşüşle %0,68'e kadar gerilemiştir.
2. AlSi12 alaşım matrisli kompozitlerde Mg ilavesi ile termal genleşme katsayısında düşüş gözlenmiş fakat bu düşüş nispeten küçük seviyelerde kalmıştır. Termal genleşme katsayısı 100 ^oC sıcaklıkta %4 Mg ilavesi ile %10 luk bir düşüş sergilerken 300 ^oC'de düşüş biraz daha artarak %17 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

5.TEŞEKKÜR

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

6.KAYNAKLAR

1. Tong, X. C., Advanced materials for thermal management of electronic packaing, Springer Science + Business Media, Inc., 30, 2011.
2. Ohring, M., and Kasprzak, L., Packaging materials, processes, and stresses, Elsevier B.V., 443-503, 2015.
3. Molina, J. M., Rheme, M., Carron, J. and Weber, L., Thermal conductivity of aluminum matrix composites reinforced with mixtures of diamond and SiC particles, Scripta Materialia, 58: 393–396, 2008.
4. Chen, J. K. and Huang, I. S., Thermal properties of aluminum–graphite composites by powder metallurgy, Composites, Part B, 44: 698–703, 2013.
5. Geıger, A. L., Hasselman, D. P. H. and Welch, P., Electrical and thermal conductivity of discontinuously reinforced aluminum composites at sub-ambient temparatures, Acta Mater., 45: 3911-3914, 1997.
6. Wu, J., Zhang, H., Zhang, Y., Li, J. and Wang, X., Effect of copper content on the thermal conductivity and thermal expansion of Al–Cu/diamond composites, Materials and Design, 39: 87–92, 2012.
7. Zhang, Q. and Gu, M., Effect of silicon carbide particles on properties of $Al/Si_p + SiC_p$, Materials Science and Engineering A, 419: 86–90, 2006.
8. Huber, T., Degischer, H. P., Lefranc, G. and Schmitt,T., Thermal expansion studies on aluminium-matrix composites with different reinforcement architecture of SiC particles, Composites Science and Technology, 66: 2206–2217, 2006.
9. Arpon, R., Molina, J. M., Saravanan, R. A., Garcıa-Cordovilla, C., Louis, E. and Narciso, J., Thermal expansion behaviour of aluminium/SiC composites with bimodal particle distributions, Acta Materialia, 51: 3145–3156, 2003.
10. Chan, K. C. and Liang, J., Thermal expansion and deformation behaviour of aluminium-matrix composites in laser forming, Composites Science and Technology, 61: 1265–1270, 2001.
11. Chu, K., Jia, C., Liang, X., Chen, H. and Guo, H., The termal conductivity of pressure infiltrated SiC_p/Al composites with various size distributions, Experimental study and modeling, Materials and Design, 30: 3497–3503, 2009.
12. Guo-gin, C., Zi-yang, X., Wen-shu, Y., Long-tao, J. and Gao-hui, W., Effect of thermal-cooling cycle treatment on thermal expansion behavior of particulate reinforced aluminum matrix composites, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 20: 2143-2147, 2010.
13. Ren , S., He, X., Qu, X., Humail, I. S. and Li, Y., Effect of Mg and Si in the aluminum on the thermo-mechanical properties of pressureless infiltrated SiCp/Al composites, Composites Science and Technology, 67: 2103–2113, 2007.
14. Nam, T. H., Requena, G. and Degischer, P., Thermal expansion behaviour of aluminum matrix composites with densely packed SiC particles", Composites, Part A, 39: 856–865, 2008.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

15. Ahlatçı, H., Al/%60 SiC kompozitlerin mekanik özelliklerine ve aşınma davranışına takviye boyutunun ve matris bileşiminin etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-150, 2003.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FARKLI ORANLARDA Mg İÇEREN AA1050/B_4C KOMPOZİTLERİN POTANSİYODİNAMİK POLARİZASYON TEST SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Engin ÇEVİK

Karabük Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi

engincevik@karabuk.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-4863-8762

Prof. Dr. Yavuz SUN

Karabük Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi

ysun@karabuk.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-7336-5591

ÖZET

Bu çalışmada, AA1050-XMg/B_4C kompozitlerin korozyon davranışını belirlemek için potansiyodinamik polarizasyon deneyleri uygulanmıştır. Bu amaçla basınçlı infiltrasyon tekniği kullanılarak matris elemanı olarak farklı oranlarda (%1,2 ve 4) Mg ilavesi içeren AA1050 alaşımı, takviye elemanı olarak B_4C kullanılarak kompozitler üretilmiştir. 8 bar basınç uygulanarak 7 mm çapındaki paslanmaz tüp içerisinde hazırlanan B_4C preforma 800 ^oC sıcaklıkta elektrik rezistanslı fırında ergitilen 4 farklı alaşıma sahip matris elemanı infiltre edilmiştir.

Üretilen kompozit malzemelerin öncelikle mikroyapı karakterizasyonu ve XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında korozyon davranışlarının tespiti amacıyla potansiyodinamik polorizasyon testleri uygulanmıştır. Bu testler NaCl ve H_2SO_4 çözeltileri olmak üzere iki farklı çözeltide yapılmıştır. Her iki çözeltide de Mg ilavesi $İ_{kor}$ değerlerinde artışa sebep olmuştur. H_2SO_4 çözeltisinde potansiyodinamik ölçümleri gerçekleştirilen AA1050 aluminyum matrisli kompozitlerde akım yoğunluğu 3,23µA ölçülürken, %4 Mg ilave edildiğinde 101 µA akım yoğunluğu tespit edilmiştir. NaCl çözeltisinde gerçekleştirilen test sonuçlarında ise akım yoğunluğu 393 nA (AA1050 Matris) den 5,4 µA (AA1050+4Mg) e yükselmiştir.

Anahtar Kelimeler : AA1050/B_4C kompozitler, Korozyon, Potansiyodinamik polarizasyon.

1.GİRİŞ

Aluminyum korozyon dayanımı açısından metalik malzemeler arasında ön plana çıkmaktadır. Ancak alaşımlandırıldıklarında genellikle korozyon özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Aluminyum matrisli kompozitlerde ise takviye matris arayüzey etkileşimleri oldukça önem arz etmektedir çünkü lokal korozyon genellikle takviye/matris arayüzeyi gibi fiziksel ve kimyasal heterojenliklerden başlamaktadır [1].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kumari ve arkadaşları, Al6061 aluminyum alaşımına %15 oranında SiC takviyesi ile ürettikleri kompozitlerle Al6061 aluminyum alaşımlarının sodyum hidroksit çözeltisindeki korozyon davranışlarını kıyaslamışlardır. Üretilen kompozitlerin alaşıma göre korozyon dayanımının daha düşük olduğunu buna da SiC partiküllerinin ve SiC ilavesi ile arayüzeyde oluşan intermetaliklerin etkili olduğunu belirtmişlerdir [2].

Shanbhag ve arkadaşlarının düşük korozyon dayanımı ile bilinen ve endüstride yoğun olarak kullanılan Al7075 aluminyum alaşımına sıkıştırmalı döküm yöntemi ile %10 ve %15 oranlarında Al_2O_3 partikül ilavesi sonrasında korozyon dayanımlarındaki değişimi deniz suyu ve endüstriyel ortamlarda (NaCl+ $(NH_4)_2$ SO_4) elektrokimyasal yöntemle test etmişlerdir. Deniz suyunda oyuklanma şeklinde görülen korozyonun endüstriyel ortamda ise taneler arası korozyon şeklinde görüldüğü, deniz suyunda korozyonun daha hızlı gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar partikül oranı arttıkça korozyon hızının arttığını belirtmişler bunu da matris takviye arasındaki düşük bağlanma ve takviye elemanının kırılmasına bağlamışlardır [3].

Dobrzanski ve arkadaşları, toz metalujisi yöntemiyle toz formunda 2124 aluminyum alaşımı ile farklı oranlarda (%5-10-15) Al_2O_3 partikülleri kullanarak üretimini gerçekleştirdikleri kompozitlere %3 NaCl çözeltisinde korozyon testleri uygulamışlardır. %5 ve %10 partikül takviyesinde korozyon dayanımı çok az artış gösterirken %15 Al_2O_3 ilavesiyle üretilen kompozitin korozyon dayanımı matris metaline göre daha düşüktür bu sonuçlar kısmi olarak Shanbhag ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışma ile örtüşmektedir [3, 4].

Bu çalışmada basınçlı infiltrasyon tekniği kullanılarak üretilen 4 farklı kompozit malzemenin potansiyodinamik polarizasyon ölçümleri iki farklı çözelti kullanılarak değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

AA1050 aluminyum alaşımı Teknik Aluminyum fabrikasından temin edilmiştir. Ağırlıkça %0-4 oranlarında Mg içeriği, temin edilen Al alaşımlarına saf magnezyum ilavesiyle sağlanmıştır. Çizelge 1'de kullanılan ve ilave edilen matris elemanlarının kimyasal bileşimleri verilmiştir. Takviye elemanı olarak 48 mikron ortalama tane boyutuna sahip B_4C partikülleri kullanılmıştır. Takviye oranı %60 olacak şekilde Ø7x50 mm uzunluğunda preformlar paslanmaz tüp içerisinde elle vibrasyona tutulmak suretiyle hazırlanmıştır. Paslanmaz tüp içerisinde hazırladığımız preform, ergiyik içerisine daldırılmış ve sıvı metalin sıcaklığına ulaşması için 2 dakika tutulmuştur. Son olarak 8 bar infiltrasyon basıncı uygulanmış ve 2 dakika bekletilmiş ardından argon gazı üniteden serbest bırakılmıştır. Üretimi gerçekleştirilen kompozitler infiltrasyon ünitesinden çıkarıldıktan sonra torna ile paslanmaz tüpler yüzeyden temizlenmiş ve kompozitler elde edilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan matris elemanlarının kimyasal bileşimleri.

	Pb	**Mg**	**Al**	**Zn**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Si**	**Ti**
AA1050	0,1	0,002	99,588	0,011	0,011	0,215	---	---	0,116	0,020
Mg	---	99.94	0.0268	0.0027	0.0004	0.0030	0.0047	0.0005	0.0074	0.0009

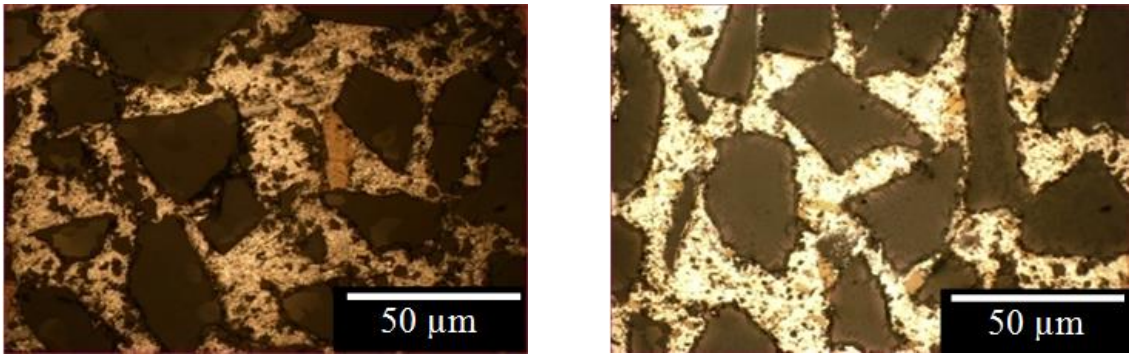
Mikroyapı karakterizasyonu Clemex yazılıma sahip optik mikroskop (LOM) ve X ışınları difraksiyonu (XRD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Korozyon deneylerine tabi tutulacak olan numuneler elmas diskle Ø7 x 10 mm boyutlarında kesilmiştir. Kesilen numuneler zımparalanıp parlatıldıktan sonra ultrasonik temizleme cihazında 3 dakika boyunca saf su kullanılarak temizlenmiş ve kurutulmuştur.

Polarizasyon testleri %3,5 NaCl ve %3,5 H_2SO_4 çözeltilerinde, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Potansiyodinamik polarizasyon deneylerinde Gamry marka Potansiyostat/Galvonostat kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Görsel 1 de, ortalama 48 µm boyutlarında B_4C partikülleri ile takviye edilmiş AA1050-XMg matrisli kompozit malzemelerin mikroyapı fotoğrafları verilmiştir. Mikroyapısal incelemelerden, genel olarak matris içerisinde topaklanma probleminin görülmediği, partikül dağılımının uniform olduğu anlaşılmaktadır. Ancak porozitelerin partikül etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. AA1050 matrisli kompozitlerde daha büyük poroziteler görülürken %4 Mg ilavesi sonrası sadece takviye elemanı etrafında ufak porozitelerin oluştuğu görülmektedir. İncelenen AA1050 matrisli ve Mg ilavesi ile üretilen kompozitlere ait takviye, matris ve porozite hacim oranları Çizelge 2 de verilmiştir. B_4C partikül hacim oranı yaklaşık %60 olup %4 Mg ilavesi ile porozite miktarı %6,60'tan %0,77'ye düşüş göstermiştir.



(a) **(b)**

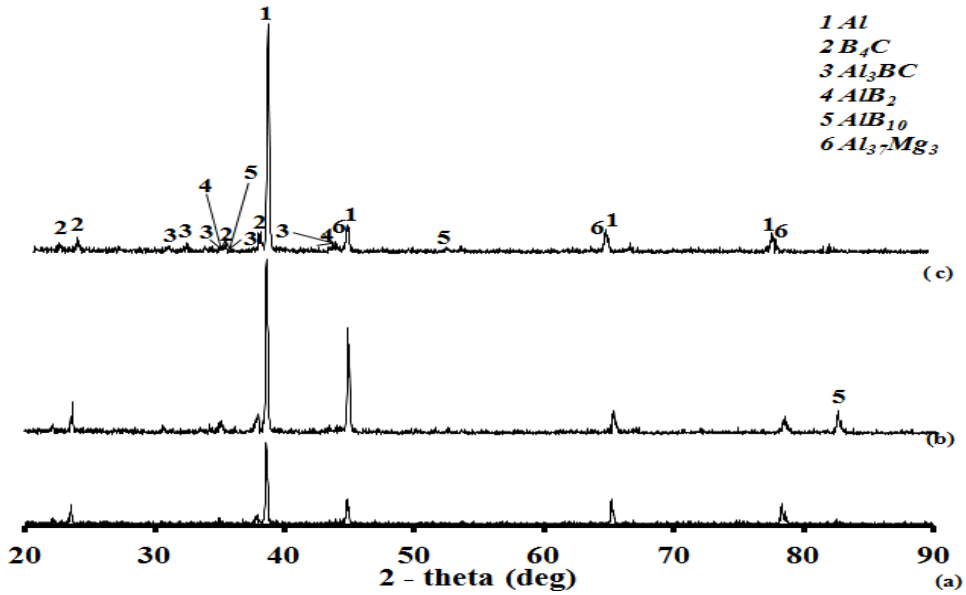
Görsel 1. Farklı oranlarda Mg içeren kompozit malzemelerin optik ışık fotoğrafları a) AA1050-B_4C ve b) AA1050-4Mg-B_4C.

Çizelge 2. Farklı oranlarda Mg içeren AA1050 matrisli kompozit malzemelerin takviye, porozite, ve matris hacim oranları.

Matris	***Mg İçeriği (%)***	***Hacim Oranı (%)***		
		B_4C	***Matris***	***Porozite***
AA1050	0	58,80	34,60	6,60
	1	59,30	36	4,70
	2	60,47	37,64	1,89
	4	57,36	41,87	0,77

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 2'de AA1050 aluminyum alaşımına %0-4 Mg ilavesi ile üretilmiş kompozitlere ait XRD paternleri yer almaktadır. XRD analizlerinden görüldüğü üzere B_4C takviyesi ile üretilen saf aluminyum matrisli kompozitelerde Al_3BC, AlB_2 ve AlB_{10} fazlarının oluştuğu Mg ilavesi ile bu fazlara ek olarak $Al_{37}Mg_3$ fazının ortaya çıktığı tespit edilmiştir [5].



Görsel 2. Farklı oranlarda Mg içeren kompozit malzemelerin XRD paternleri a) AA1050-B_4C, b) AA1050-2Mg-B_4C ve c) AA1050-4Mg-B_4C.

Bu çalışmada üretilen kompozitler iki farklı çözeltide (%3,5 NaCl ve %3,5 H_2SO_4) potansiyodinamik korozyon testlerine tabi tutulmuşlardır.

%3,5 NaCl ortamında yapılan potansiyodinamik polarizasyon ölçümleri ile elde edilen korozyon akım yoğunlukları ($İ_{kor}$) ve korozyon potansiyelleri (E_{kor}) Çizelge 3' de verilmektedir.

AA1050 matris ile kıyaslandığında Mg miktarı arttıkça $İ_{kor}$ değerinin arttığı gözlemlenmiştir. İncelenen kompozitlerin korozyon potansiyelleri ise artan Mg miktarı ile düşüş göstermiştir.

Çizelge 3. %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde gerçekleştirilen potansiyodinamik korozyon deneyi sonuçları.

Matris	**Mg İlavesi (%)**	**E_{kor}**	**$İ_{kor}$**	**Korozyon Hızı (mpy)**
AA1050	0	-882	393 nA	207,9 e^{-3}
	1	-889	3,11 µA	17, 2
	2	-951	4,94 µA	27,35
	4	-949	5,4 µA	43,6

%3,5 H_2SO_4 ortamında yapılan potansiyodinamik polarizasyon ölçümleri ile elde edilen korozyon akım yoğunlukları ($İ_{kor}$) ve korozyon potansiyelleri (E_{cor}) Çizelge 4'de verilmektedir.

AA1050 aluminyum matrisli kompozitlerde akım yoğunluğu 3,23 µA ölçülürken %4 Mg ilave edildiğinde 101 µA akım yoğunluğu tespit edilmiştir.

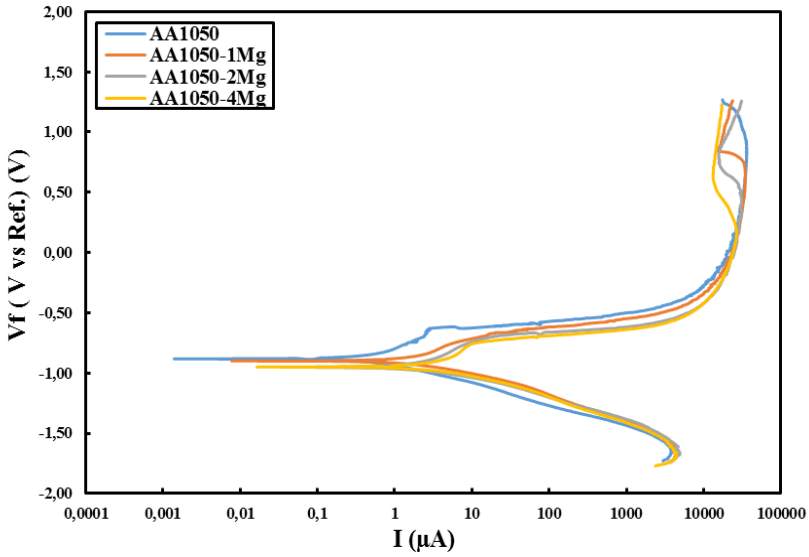
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 4. %3,5 H_2SO_4 çözeltisi içerisinde gerçekleştirilen potansiyodinamik korozyon deneyi sonuçları.

Matris	Mg İlavesi (%)	Ekor	İkor	Korozyon Hızı (mpy)
AA1050	0	-436	3,25 µA	17,91
	1	-414	67,5 µA	374
	2	-526	86,9 µA	481,1
	4	-504	101 µA	558,6

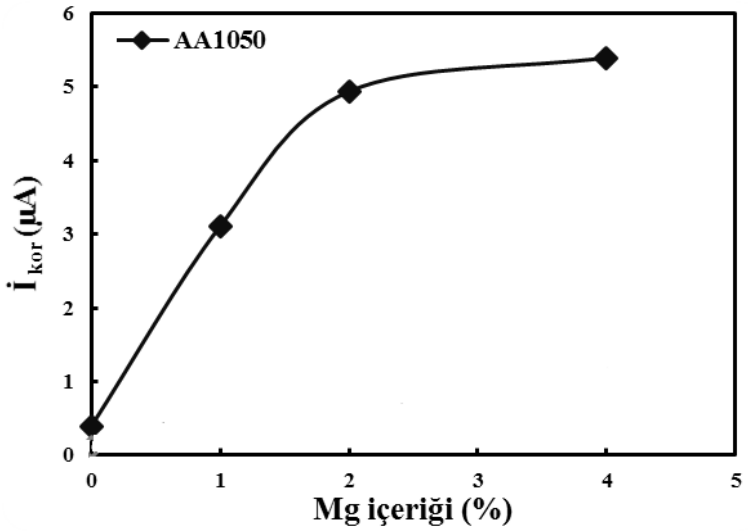
Üretimi gerçekleştirilen numuneler 35 g/l NaCl çözeltisi içerisinde potansiyodinamik korozyon testine tabi tutulmuştur. Görsel 3 ‘de potansiyodinamik korozyon deneyi sonrası elde edilen Tafel eğrileri görülmektedir.

AA1050 aluminyum matrislere Mg ilavesi sonrası artan Mg içeriği ile kompozitler daha yüksek $İ_{kor}$ değerleri göstermiştir (Görsel 4). Bu durum Görsel 2’de yer alan XRD analizleri ile tespit ettiğimiz intermetaliklerle ilişkilendirilebilir. Birçok araştırmacı Al matrisli kompozitlerde üretim esnasında oluşan intermetaliklerin korozyon dayanımını düşürdüğünü belirtmişlerdir [1-4,6-8]. Mg ilavesi ile oluşan intermetalikler yapıda katot olarak davranırken matris elemanı anot olarak davranmaktadır. Bu sebeple ilk etapta çok hızlı bir reaksiyon gerçekleşmekte ve bu süreç anotun tükenmesine veya koruyucu oksit filmin oluşumuna kadar devam etmektedir.



Görsel 3. NaCl Çözeltisinde gerçekleştirilen potansiyodinamik korozyon deneyi sonuçları.

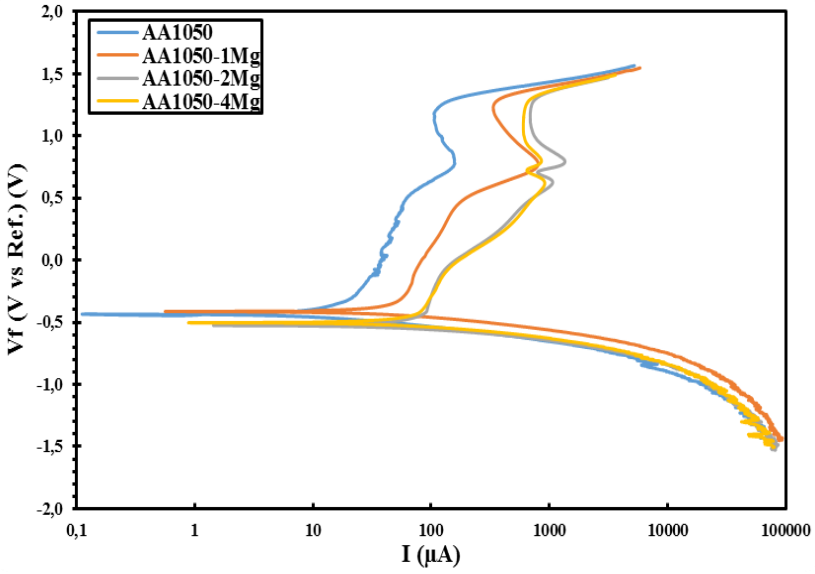
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Potansiyodinamik korozyon deneyleri sonrasında gerçekleşen $İ_{kor}$ değerleri.

Tafel eğrilerinden görüldüğü üzere pasifleşme eğilimi matrise yapılan Mg ilavesi ile artmıştır. Dolayısıyla daldırma korozyon deneylerinin uzun sürede gerçekleştirilmesi sebebiyle ilk etapta yüzeydeki aluminyum hızlı bir şekilde tükenmiş ve koruyucu oksit filminin oluşması ile korozyon sınırlanmıştır. Böylece Mg içeren kompozitlerde artan pasifleşme eğilimi korozyon dayanımını arttırmıştır. Potansiyodinamik ölçümler ile daldırma korozyon testleri arasındaki farklılık ise deney süresi ile açıklanabilir. Bilindiği üzere potansiyodinamik deneyleri kısa süreli deneyler olması sebebiyle ilk etapta Mg ilavesi ile artan katot hacim oranı sebebiyle daha yüksek $İ_{kor}$ değerleri elde edilmiştir. Candan'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışma, elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir [9]. Şöyle ki AlXMg- SiC kompozitlere 1 saatin sonunda gerçekleştirdiği potansiyodinamik ölçümlerde, artan Mg içeriği neticesinde daha yüksek $İ_{kor}$ değerleri elde ederken, 7. günün sonunda yapmış olduğu analizlerde artan Mg ilavesinin $İ_{kor}$ değerlerinde düşüşe sebebiyet verdiğini kanıtlamıştır.

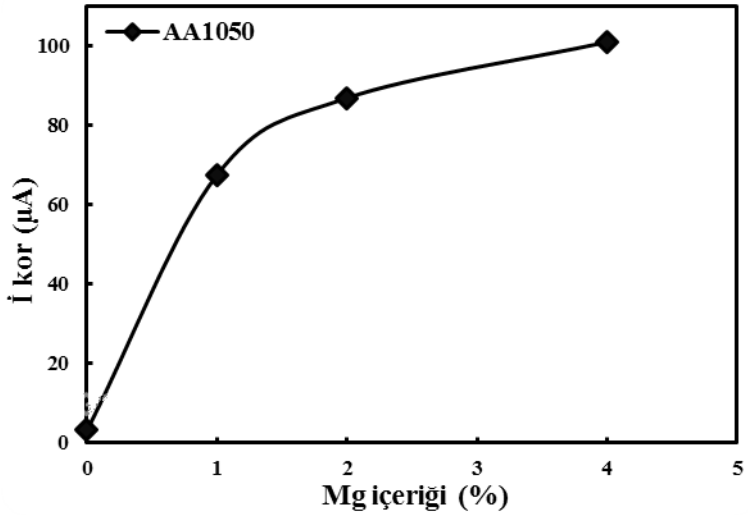
Görsel 5'de %3,5 H_2SO_4 çözeltisinde gerçekleştirilen potansiyodinamik korozyon deneyi sonrası elde edilen Tafel eğrileri görülmektedir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

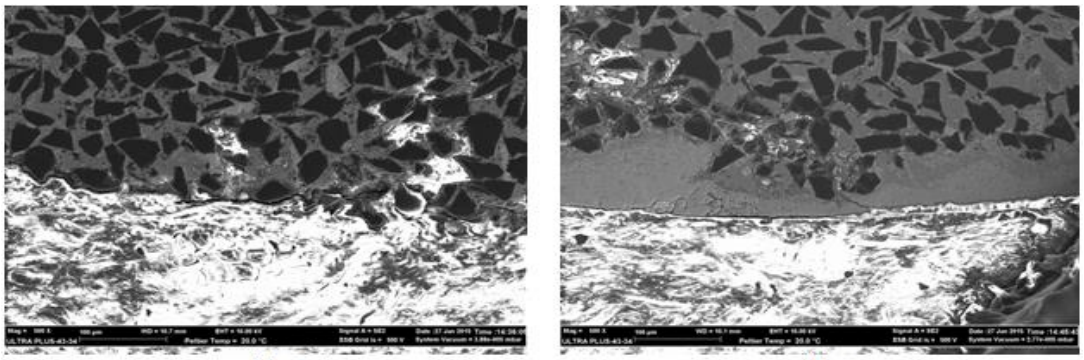
Görsel 5. H_2SO_4 Çözeltisinde gerçekleştirilen potansiyodinamik korozyon deneyi sonuçları

Bu eğrilerin anodik ve katodik dallarının extrapole edilmesiyle elde edilen korozyon akım yoğunlukları ($İ_{kor}$) ve korozyon potansiyelleri Çizelge 4'de verilmiştir. Bu çizelgeden faydalanılarak $İ_{kor}$ değerlerinin Mg içeriğine göre değişimi Görsel 6'da çizilmiştir. Mg ilavesi arttıkça $İ_{kor}$ değerleri de buna paralel olarak artmıştır. Şekil 2'de yer alan XRD grafiklerinden görüldüğü üzere Mg ilavesi yapıda bulunan intermetalik ve ikincil fazların oranında artışlara sebep olmuştur. Oluşan bu fazlar mekanik ve tribolojik özellikleri olumlu etkilerken asidik ortamlarda korozif özellikleri olumsuz yönde etkilemiştir. Mg ilavesiz kompozitlerde daha geniş bir pasif bölge meydana gelirken Mg ilaveli kompozitlerde ise bu gölgenin daraldığı tespit edilmiştir.



Görsel 6. Potansiyodinamik korozyon deneyleri sonrasında gerçekleşen $İ_{kor}$ değerleri.

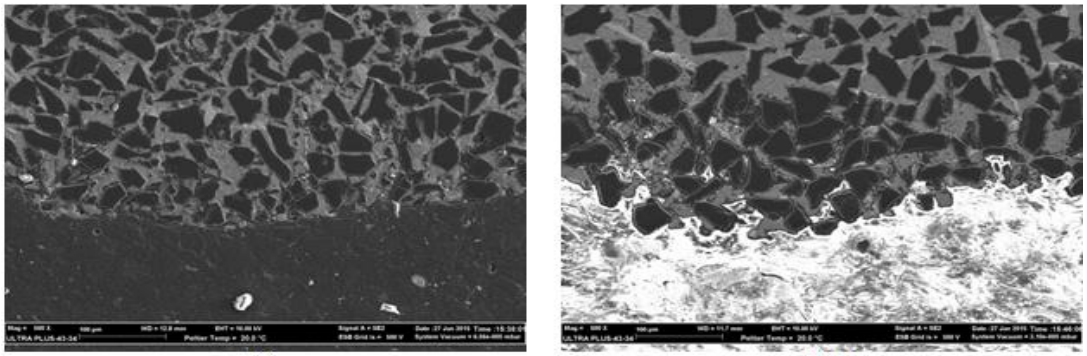
Görsel 7 ve 8'de incelenen kompozit malzemelere ait yan kesit fotoğrafları yer almaktadır. Yan kesit fotoğraflarına baktığımızda ise Mg ilaveli matrise sahip kompozitlerde korozyonun daha derinlere nüfuziyetini göstermektedir. B_4C partiküllerinin katot olarak davranıp çevresindeki matris elemanının çözünmesine sebebiyet verdiği intermetaliklere teması halinde ise bu fazların kararlı olarak davranıp herhangi bir çözünmeye uğramadığı ve etrafında yer alan matrisde bozulmalara yol açtığı görülmektedir.



Görsel 7. NaCl çözeltisinde gerçekleştirilen korozyon testi sonrası yan kesit görüntüleri a) AA1050-B_4C ve b) AA1050-4Mg-B_4C.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Matris ve takviye arayüzeyinde başlayan korozyon, katodik olarak davranan $Al_{37}Mg_3$ ve Mg_2Si gibi intermetaliklerin de etkisiyle takviye ve matris arasında fiziksel deformasyona sebep olması neticesinde deney esnasında partiküllerin yapıdan kopup ayrılması ile sonuçlanmıştır.



Görsel 8. H_2SO_4 çözeltisine daldırma sonrasında yan kesit görüntüleri a) AA1050-B_4C, b) AA1050-4Mg-B_4C

4.GENEL SONUÇLAR

%60 hacim oranında 48 µm B_4C partikül ile takviye edilmiş AA1050 matrise %0-4 oranında Mg ilavesi ile üretilen kompozit malzemelerin mikroyapı incelemeleri ve potansiyodinamik korozyon deneylerinden aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir.

3. Üretilen kompozitlerde porozite genellikle takviye matris arayüzeyinde gerçekleşmiştir. AA1050 matrisin Mg ile alaşımlandırılmasıyla porozite hacim oranları büyük ölçüde düşmüştür. AA1050 matrise %4 Mg ilavesi sonucunda porozite miktarı %6,60'tan %0,77'ye düşüş göstermiştir.
4. AA1050 matrisli kompozit malzemelerin matrisinde Al_3BC, AlB_2 and AlB_{10} fazları oluşurken Mg ilavesi ile bu fazlara ek olarak $Al_{37}Mg_3$ fazı yer almaktadır.
5. %3,5 NaCl çözeltisinde gerçekleştirilen korozyon deneyleri sonrasında her iki çözeltide de Mg ilavesi $İ_{kor}$ değerlerinde artışa sebep olmuştur. H_2SO_4 çözeltisinde potansiyodinamik ölçümleri gerçekleştirilen AA1050 aluminyum matrisli kompozitlerde akım yoğunluğu 3,23µA ölçülürken, %4 Mg ilave edildiğinde 101 µA akım yoğunluğu tespit edilmiştir.
6. NaCl çözeltisinde gerçekleştirilen korozyon deneylerinde yan kesitten alınan SEM fotoğraflarında daha yoğun oksit tabakası görülürken H_2SO_4 çözeltisinde korozyona maruz bırakılan numunelerde oksit oluşumuna neredeyse rastlanmamıştır.

5.TEŞEKKÜR

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

6.KAYNAKLAR

16. Alaneme, K. K., Adewale, T. M. and Olubambi, P. A., Corrosion and wear behaviour of Al–Mg–Si alloy matrix hybrid composites reinforced with rice husk ash and silicon carbide, Journal of Materials Research and Technology, 3(1), 9–16, 2014.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

17. Kumari, P. D. R., Nayak, J. and Shetty, A. N., Corrosion behavior of 6061/Al-15 vol. pct. SiC(p) composite and the base alloy in sodium hydroxide solution, Arabian Journal of Chemistry, 1-11, 2012.
18. Shanbhag, V. V., Yalamoori, N. N., Karthikeyan, S., Ramanujam, R. and Venkatesan, K., Fabrication, surface morphology and corrosion investigation of Al 7075-Al_2O_3 matrix composite in sea water and industrial, Procedia Engineering 97, 607-613, 2014.
19. Dobrzanski, L. A., Włodarczyk, A. and Adamiak, M., Structure, properties and corrosion resistance of PM composite materials based on EN AW-2124 aluminum alloy reinforced with the Al_2O_3 ceramic particles, Journal of Materials Processing Technology, 162–163, 27–32, 2005.
20. Cevik, E., Sun, Y., Ahlatci, H., and Türen, Y., Effect of magnesium additions on composites with Al and Al – 12% Si matrices strengthened with B_4C and prepared by infiltration under pressure, Metal Science and Heat Treatment, 58, 357-361, 2016.
21. Dikici, B., Tekmen, C., Yigit, O., Gavgali, M. and Cocen, U., Detrimental effect of particle sol–gel coating on the corrosion behavior of A380–SiC composite, Corrosion Science, 51, 469–476, 2009.
22. Zhu, J. and Hihara, L. H., Corrosion of continuous alumina-fibre reinforced Al–2 wt.%Cu–T6 metal–matrix composite in 3.15 wt.%NaCl solution, Corrosion Science, 52, 406–415, 2010.
23. Payan, S., Petitcorps, Y. L., Olive, J. M. and Saadaoui, H., Experimental procedure to analyse the corrosion mechanisms at the carbon/aluminium interface in composite materials, Composites Part A, 32, 585–589, 2001.
24. Candan, S., An investigation on corrosion behaviour of pressure infiltrated Al–Mg alloy/SiCp composites, Corrosion Science, 51, 1392–1398, 2009.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SİNTERLEME SÜRESİNİN BİR FONKSİYONU OLARAK MEKANİK ALAŞIMLAMA VE FAST SİNTERLEME İLE YENİ BİR MG7Nİ ALAŞIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Ezgi DEDEBAŞ

Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü

ezgidedebas-97@outlook.com- 0009-0005-6194-670X

Prof.Dr. Rasim İPEK

Ege Üniversitesi /Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

rasim.ipek@ege.edu.tr- 0000-0001-5560-4643

ÖZET

%7 Nikel oranı içeren Mg7Ni alaşımından en düşük seviyede %80-%90 yoğunlukta ve %10-20 gözeneklilikte malzeme elde edilmesi amaçlanmıştır. Mekanik öğütme işlemi ile mekanik alaşımlandırılan karışım FAST sinterleme yöntemiyle katı malzemeye dönüştürülmüştür. Öğütülen malzeme tetraetil ortosilikat (TEOS) adı verilen sıvı polimer ile sol jel yöntemi kullanılarak tanecik yüzeyine kaplanmıştır. Teos alkol ile ½ oranında sentezlenmiştir. %7 nikel oranı MgNi faz diyagramından referans alınmıştır. En iyi gözeneklilik oranı yapılan literatür çalışmalarından %12-%18 olarak alınmıştır. Bu oranlarda malzeme, yüzeyine yapılabilecek hidrojen depolama, elektromanyetik testler ve benzeri bir absorpsiyon işlemine uygun olacaktır. Mg7Ni malzemesi TEOS kaplamalı ve kaplamasız olarak üretilmiş ve oksijene gösterdiği hassasiyet gözlemlenmiştir. Öğütme parametresi olarak 40 dk'lık; 20 dk öğütme ve 10 dk dinlenme şeklinde 2 tur işleme alınmıştır. Dinlenme sebebi olarak soğuk kaynaklanmayı önlemek amaçlanmıştır. FAST Sinterleme işlemi ile intermetalik katı malzeme eldesi amaçlanmıştır. Deney tasarımı olarak sabit parametrelerin yanı sıra farklı sıcaklık ve sinterleme sürelerinin fonksiyonları araştırılmıştır. Sıcaklık aralığı 300 – 400 °C alınmıştır. Ancak sıcaklık arttıkça amaçlanan gözeneklilik oranında düşme gözlemlenmiştir. Sinterleme süresi en temel olarak 7dk'dan başlatılmıştır. 7 dk sürenin ilk 3 dk'sının sıcaklık yükselimine ve geri kalan 4 dk ise sinterlenmeye ayrılmıştır. Sinterleme süresi 7 ile 15 dakika arasında arttırılmasının gözleminde tam olarak kesin olmamakla birlikte gözeneklilikte az bir oranda düşme gözlemlenmiştir.

Analiz olarak SEM-EDS Görüntüleme, XRD, Vektörel network analizi, sertlik (Vickers) testi ve basma dayanımı testleri yapılmıştır ve yorumlanmıştır[6].

[6] Analiz sonuçları ve yorumları tam metin formunda detaylı açıklanacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: Toz metalurjisi, İntermetalik Bileşik, FAST Sinterleme, Mekanik Alaşımlandırma, Tetraetil Ortosilikat, Sol-jel Kaplama, Gözeneklilik

DEVELOPMENT OF A NEW MG7Nİ ALLOY THROUGH MECHANICAL ALLOYING AND FAST SINTERING AS A FUNCTION OF SINTERING TIME

ABSTRACT

The goal of this study is to produce Mg7Ni alloy with a 7% nickel content at a minimum density of 80-90% and a porosity of 10-20%. The mixture mechanically alloyed through mechanical milling was converted into solid material using the FAST sintering method. The milled material was coated on the particle surface using the sol-gel method with a liquid polymer called tetraethyl orthosilicate (TEOS). TEOS was synthesized at a 1:2 ratio with alcohol. The 7% nickel content was referenced from the Mg-Ni phase diagram. The optimal porosity ratio was taken as 12-18% based on literature studies. Materials with these porosity ratios are suitable for processes such as hydrogen storage, electromagnetic testing, and similar absorption applications on their surface. Mg7Ni material was produced both with and without TEOS coating, and its sensitivity to oxygen was observed. A grinding parameter of 40 minutes, consisting of two cycles of 20 minutes of milling and 10 minutes of resting, was employed to prevent cold welding during resting periods. The FAST sintering process aimed to produce intermetallic solid material. In addition to fixed parameters, the effects of varying temperatures and sintering times were investigated as part of the experimental design. The temperature range was set between 300-400°C. However, as the temperature increased, a decrease in the desired porosity ratio was observed. The sintering duration was initially set at 7 minutes, with the first 3 minutes dedicated to temperature ramping and the remaining 4 minutes to sintering. Observations of increasing sintering times from 7 to 15 minutes showed a slight decrease in porosity, though not conclusively.

Analyses included SEM-EDS imaging, XRD, vector network analysis, Vickers hardness tests, and compressive strength tests, which were conducted and interpreted.[7]

Keywords: Powder Metallurgy, Intermetallic Compound, FAST Sintering, Mechanical Alloying, Tetraethyl Orthosilicate, Sol-Gel Coating, Porosity

[7] Analysis results and interpretations will be explained in detail in full text format.

1. GİRİŞ

Toz metalurjisi (PM), net şekilli bileşenlerin üretimine olanak sağlayarak malzeme tasarrufu sunan ve yeni alaşımların geliştirilmesini mümkün kılan önemli bir üretim yöntemidir (Koch ve Segev, 1998). Bu yöntemle, tipik 75 Nm boyutundaki magnezyum tozları alaşım elementleriyle karıştırılıp yüksek basınç altında kalıplanır ve kontrollü bir ortamda sinterlenir (Hennessey ve ark., 2005; Kipouros ve ark., 2006).

Nikel, üstün mekanik ve korozyon direnci özellikleri nedeniyle yaygın bir şekilde kullanılır ve magnezyum alaşımlarına ilave edildiğinde süneklik, sertlik ve dayanım gibi özelliklerde iyileşmeler sağlar (Hassan ve Gupta 2002a, 2002b). Ancak magnezyum alaşımlarının düşük korozyon direnci, kullanımını sınırlar. Bu sorunu çözmek için çevre dostu sol-jel kaplama yöntemi uygulanabilir.

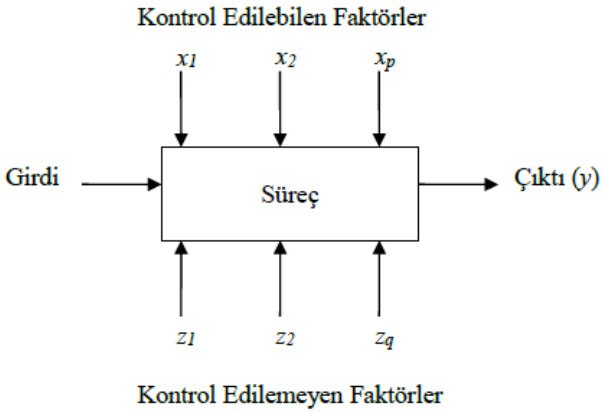
Tetraetil ortosilikat (TEOS) solüsyonu, Mg7Ni alaşımının yüzey kaplaması için kullanılmıştır. Sol-jel yöntemiyle gerçekleştirilen bu işlem, alaşım yüzeyi ile kaplama arasındaki bağların incelenmesini ve korozyon direncinin artırılmasını hedefler (López ve ark., 2010; Mallon, 1984). %7 Ni / %93 Mg oranında üretilen katı alaşımlara TEOS kaplama uygulanmış, ardından XRD analizleri, SEM-EDS haritalama, basma dayanımı, sertlik ölçümleri, yoğunluk hesaplamaları ve elektromanyetik özellikler için vektörel network analizi (VNA) gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (veya UYGULAMALAR)

2.1.DENEY TASARIMI

Deney tasarımı, bir sürecin performansını optimize etmek için, süreci etkileyen faktörlerde değişiklikler yaparak bu faktörlerin çıktılar üzerindeki etkilerini gözlemleme ve değerlendirme yöntemidir. (Montgomery, 1991)

Bir süreç ve bileşenleri genel olarak Şekil 1'deki gibi gösterilmektedir.



Görsel 3. Bir sürecin genel modeli (Montgomery, 1991)

Süreç, belirli bir çıktı (ürün veya hizmet) elde etmek amacıyla makine, malzeme, yöntem ve insan gibi kaynakların birbiriyle etkileşim halinde kullanıldığı bir dizi faaliyet olarak tanımlanabilir. Deney değişkenleri olarak da adlandırılan faktörler, deney sonucunu etkileyen ve kontrol edilebilir ya da kontrol edilemez özelliklere sahip olan değişkenlerdir. (Montgomery, 1991)

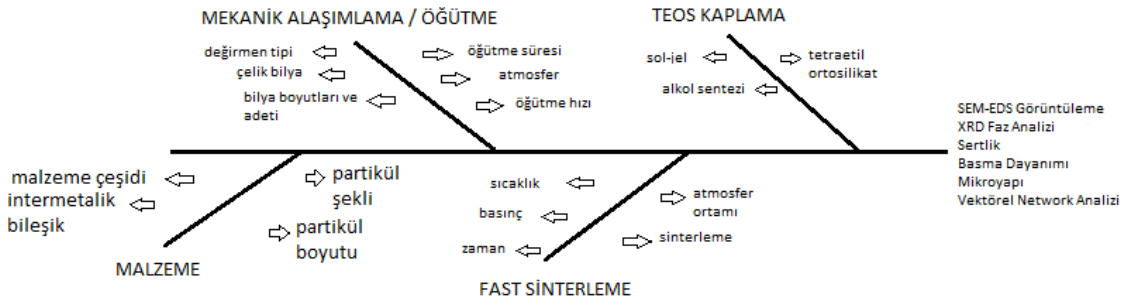
2.1.1.Taguchi Deney Tasarım Metodu

Taguchi yöntemi, tüm kombinasyonların gerçekleştirilmesi gereken tam faktöriyel deney tasarımına kıyasla, ortogonal dizilerin kullanımıyla kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini minimize etmeyi hedefleyen bir deney tasarım tekniğidir. Bu yöntemde, faktör seviyelerinin belirlenmesi için farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır (Taguchi ve Yokoyama, 1993).

Taguchi deney tasarım yöntemi belirli aşamalardan oluşur. İlk aşama olan planlama sürecinde, problemler tanımlanır ve faktörler ile seviyeleri belirlenir.

Görsel 4. Çalışmanın Deney Tasarımı

Yapılacak deneyler üzerine etki edebilecek parametreler Şekil 2'deki balık kılçığı diyagramında gösterildiği gibi belirlenmiştir. Bu çalışmada 3 faktör üzerinde çalışılmıştır.



Bunlar; tetraetil ortosilikat kaplaması, sinterleme sıcaklığı ve sinterleme süresidir

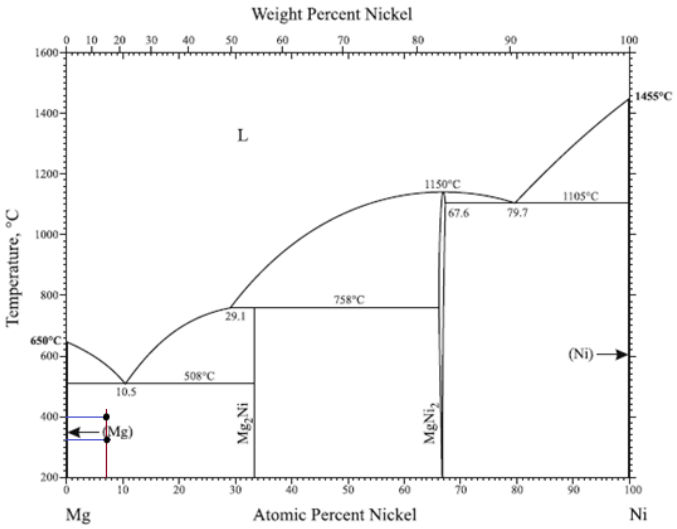
2.2.MALZEME

Bu çalışmada, magnezyum ve nikel olmak üzere iki farklı türde toz malzeme kullanılmıştır.

2.3.Mg-Ni Faz Diyagramı

Mg-Ni faz diyagramı göz önünde bulundurulduğunda, ötektik dönüşüm sıcaklığı altında yapılan bu tez çalışmasında, $\alpha + Mg_2Ni$ fazının yer aldığı bölgeye odaklanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Diyagram 1. Mg-Ni Faz Diyagramı (Islam ve Medraj,2005)

2.4.NUMUNE ÜRETİMİ

2.4.1. Mekanik Öğütme / Alaşımlandırma

Magnezyum ve nikel tozlarının mekanik alaşımlama işlemi, Ser-Mak marka çalkalayıcı değirmen (Şekil 3) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütme işlemi, toz: bilye oranı kütlece 1:10 olacak şekilde, 10 mm çapında paslanmaz çelik bilyalar ve çelik kavanozlar (140 mm iç çap, 70 mm yükseklik) kullanılarak yapılmıştır. Soğuk kaynak oluşumunu önlemek ve yağlayıcı etkisi sağlamak için %1 oranında çinko stearat eklenmiştir.



Görsel 5.Ser-Mak Marka Gezegen Tipi Değirmen

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

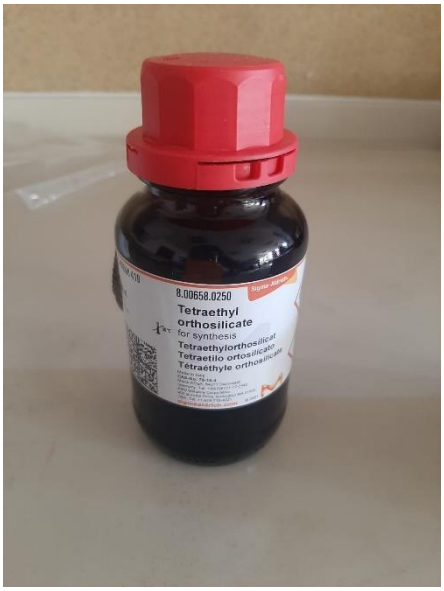
Alaşımlama işlemi, argon atmosferi altında, bir Glove Box içerisinde yürütülerek tozların oksijenle temas riski en aza indirilmiştir. Değirmen 400 rpm hızda çalıştırılmış ve işlem, 20 dakikalık çalışma ile 10 dakikalık dinlenme döngüleriyle toplam 40 dakika sürdürülmüştür (bekleme süreleri dahil edilmemiştir). İşlemlerde 93 g magnezyum ve 7 g nikel tozu kullanılmıştır.



Görsel 6. Atmosfer (argon) Ortamı için Kullanılan Glove – Box

2.4.2. Sol-Jel Yöntemiyle TEOS Sentezleme ve Kaplama

Kaplama işlemi için, kimyasal formülü $Si(OC_2H_5)_4$ olan tetraetil ortosilikat (TEOS) tercih edilmiştir (Şekil 5). TEOS, sol-jel yöntemi kullanılarak etil alkol ile sentezlenmiştir. Bu sentez sırasında TEOS/alkol oranı 1:2 olarak belirlenmiştir.



Görsel 7. 250 ml'lik Tetraetil Ortosilikat

100 g MgNi alaşımlı toza 10 ml TEOS içeren 30 ml sol-jel karışımı eklenmiş, karışım argon atmosferinde 5 ml'lik partlar halinde toza pastör pipeti ile ilave edilerek 2 dakika değirmen sistemiyle kaplanmıştır. Kaplama sonrası tozlar glove-box içinde kurutularak analiz için hazırlanmıştır. TEOS ile kaplanmış ve kaplamasız olmak üzere iki farklı toz grubu hazırlanmış, XRD analizi ile kristal yapısal farklılıklar ve kaplamanın etkileri değerlendirilmiştir.

2.4.3. Elektrik Alanı Destekli Sinterleme Tekniği (FAST)

Elektrik alan destekli sinterleme (Field Assisted Sintering Technique, FAST) yöntemi kullanılarak, elde edilmiş TEOS kaplanmış alaşım tozu, grafit kalıp içerisinde sinterlenmiştir. Sinterleme işlemi, Tugem marka HP15 3000 sıcak pres cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



Görsel 8.Tugem marka HP15 3000 sıcak pres cihazı ve numune yerleşimi

Sıcak pres cihazı, darbeli alternatif akım ve su soğutmalı elektrotlarla düşük enerji tüketimi ve güvenli sinterleme sağlar. 0.6 bar vakum altında ve argon atmosferinde, 35 MPa piston basıncıyla sinterleme yapılmıştır. Sıcaklık 300°C veya 400°C olarak belirlenmiş; süreler 7 ve 15 dakika uygulanmıştır. İlk 2 dakikada hedef sıcaklığa ulaşılmış, ardından sinterleme devam etmiş ve soğutma kontrollü şekilde hava ortamında gerçekleştirilmiştir.

2.4.3.1. Sinterleme İşlemi Yardımcı Elemanları

Sinterleme işlemi, yüksek sıcaklık dayanımına ve düşük termal genleşme katsayısına sahip grafit kalıplar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalıp boyutları; iç çap 20 mm, dış çap 60 mm ve yükseklik 50 mm olarak belirlenmiş, sıkıştırma işlemi için ise 20 mm çapında, 20 mm yüksekliğinde iki punch kullanılmıştır. (Şekil 7)



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 9. Sinterleme İşleminde Kullanılan Grafit Kalıp ve Punchlar

Sinterleme öncesinde, tozların kalıptan kolayca çıkarılmasını sağlamak ve yüzey kalitesini artırmak amacıyla, punch ve kalıp yüzeylerine 1:20 oranında alkol ile seyreltilmiş çinko stearat uygulanmıştır. Bu işlem, sürtünmeyi azaltarak yüzey aşınmasını önlemiş ve işlem verimliliğini artırmıştır.

2.5.Yoğunluk Ölçümü

Sinterleme işlemi sonrasında elde edilen numunelerin yoğunluk ölçümleri, Arşimet ilkesi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında, numunelerin hacimlerinin belirlenmesinde daldırma sıvısı olarak su kullanılmıştır. Numunelerin hacmi Arşimet ilkesiyle hesaplandıktan sonra, yoğunluk değerleri Denklem 1 kullanılarak belirlenmiştir.

$$\rho_{\text{numune}} = \frac{m_{\text{hava}}}{V_{\text{numune}}}$$

- ρ_{numune}: Numunenin yoğunluğu (g/cm³ veya kg/m³)
- m_{hava}: Numunenin havadaki kütlesi
- V_{numune}: Arşimet İlkesi'nden hesaplanan numune hacmi

Denklem 1. Arşimet Yoğunluk Formülü

2.6.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDS) Haritalama ve Görüntüleme

SEM cihazı, Mg7Ni alaşımının mikro yapısal ve kimyasal özelliklerini incelemek için 20 kV hızlandırıcı voltaj ile çeşitli büyütme seviyelerinde kullanılmıştır. Yüzeydeki kimyasal değişimlerin ve elementel dağılımların analizinde EDS ünitesi entegre edilmiş ve EDS-haritalama yöntemi ile detaylı kompozisyon haritaları oluşturulmuştur. Bu yöntem, yüzeyin mikro yapısal ve kimyasal karakterizasyonunda yüksek hassasiyet sağlamıştır.



Görsel 10. ZEISS Gemini SEM 500 cihazı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.7.X-Işını Difraksiyonu (XRD) Analizi

Bu analiz çalışmasında, tetraetil ortosilikat (TEOS) kaplaması uygulanmış ve uygulanmamış Mg7Ni alaşımından elde edilen öğütülmüş tozların faz yapılarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın temel amacı, TEOS kaplamasının malzemenin kristal yapısına ve faz bileşimlerine olan etkisinin detaylı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır.



Görsel 11. XPERT PANALYTICAL marka XRD cihazı

2.8.Basma Dayanımı Testi

Testler sırasında cihaz, 0,2 mm/dk ilerleme hızına ayarlanmıştır. Numunelerin testten önce yüzeyleri, cihazla uyumluluğun sağlanması ve test sonuçlarının doğruluğunun artırılması amacıyla zımparalanmıştır. Basma dayanımı testlerinin sinterlenmiş numunelere uygulanmasının temel nedeni, malzemenin mekanik özelliklerini, özellikle yük altındaki deformasyon ve kırılma davranışını değerlendirmektir. Bu testler, sinterleme ve mekanik alaşımlama gibi üretim süreçlerinin malzeme üzerindeki etkilerini anlamak için kritik öneme sahiptir.



Görsel 12. SHIMADZU Autograph AG-IS marka çekme-basma test cihazı ve numune yerleştirme örneği

2.9.Sertlik Ölçümü

Sertlik ölçümleri, Brinell sertlik skalasında belirlenmiştir. Her numuneden alınan üç ölçümün aritmetik ortalaması alınarak sertlik değeri hesaplanmıştır.

Parametre	Değer
Uygulanan Yük	62,5 kgf
Yükleme Süresi	30 saniye
Kullanılan Uç	Çelik bilya, 10 mm çap
Lens Büyütme Oranı	2,5X
Test Süresi	30 saniye

Çizelge 6. Brinell Sertlik Testinde Numuneye Uygun Olan İşlem Parametreleri

2.10. Vektör Network Analizi (VNA)

Bu çalışmada hazırlanan Mg7Ni numunelerinin S11 ve S21 desibel değerlerini analiz etmek amacıyla Agilent Technologies marka PNA-L – N5230C modelindeki vektör network analiz cihazı kullanılmıştır



Görsel 13. Agilent Technologies marka PNA-L – N5230C modelindeki vektör network analiz cihazı ve numune yerleştirilmesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1.Sinter Numunelerinin Yoğunlukları

300-400 °C sıcaklı aralığında 7 ve 15 dk'lık sürelerde sinterlenen TEOS kaplamalı ve kaplamasız numunelerin deneysel yoğunlukları ve gözeneklilik yüzdeleri Tablo 14'te belirtilmiştir. Mg7Ni numunelerin teorik yoğunluğu hesaplanmış ve sabit olarak 2,24 g/cm3 olarak alınmıştır.

Çizelge 7. Sinterlenen Numunelerin Deneysel Yoğunlukları ve Gözeneklilik Yüzdeleri

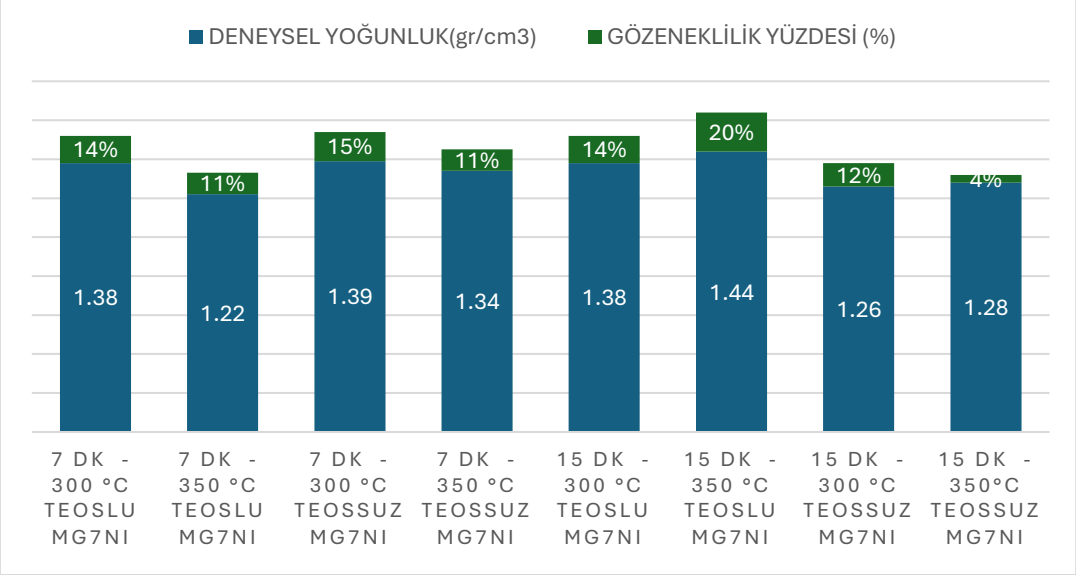
NUMUNE PARAMETRESİ	DENEYSEL YOĞUNLUK (gr/cm3)	GÖZENEKLİLİK YÜZDESİ (%)
7 dk- 300 °C TEOSLU Mg7Ni	1,38	14%
7 dk- 350 °C TEOSLU Mg7Ni	1,22	11%
7 dk- 300 °C TEOSSUZ Mg7Ni	1,39	15%
7 dk- 350 °C TEOSSUZ Mg7Ni	1,34	11%
15 dk- 300 °C TEOSLU Mg7Ni	1,38	14%
15 dk- 350 °C TEOSLU Mg7Ni	1,44	20%
15 dk- 300 °C TEOSSUZ Mg7Ni	1,26	12%
15 dk- 350°C TEOSSUZ Mg7Ni	1,28	4%

Sinterleme işlemi sonrasında elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri, her iki numunenin yoğunluklarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Sinterleme sıcaklığındaki artışın TEOS kaplamalı ve kaplamasız numuneler üzerinde farklı etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Kaplamasız numunelerde artan sıcaklık yoğunlukta artış ve gözeneklilikte azalma ile sonuçlanmıştır. Buna karşın, TEOS kaplamalı numunelerde artan sıcaklık gözenekliliği artırırken yoğunlukta dalgalanmalara neden olmuştur. Bu durum, TEOS kaplamanın yüksek sıcaklıkta malzemenin mikro yapısında farklılaşmalara yol açtığını düşündürmektedir.

Sinterleme süresi artışı, TEOS kaplamalı numunelerde gözenekliliği artırıcı bir etki yaparken, kaplamasız numunelerde gözenekliliği azaltarak yoğunluğu artırıcı bir etki göstermektedir. Bu, sinterleme süresinin malzeme özelliklerini kontrol etmek için kritik bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Grafik 1. Sinterlenmiş numunelerin ortalama yoğunlukları ve gözenek oranları

3.2.Brinell Sertlik Sonuçları

Sertlik ölçümleri, numunelerin yüzeylerinden alınan üç ayrı değerin ortalaması esas alınarak belirlenmiştir.

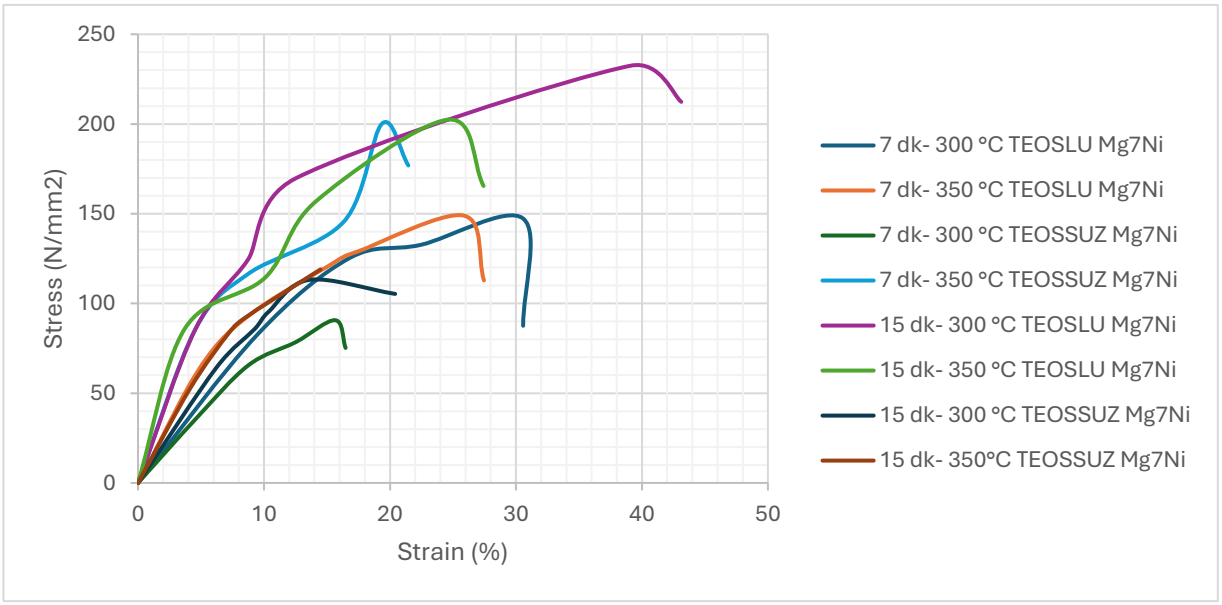
NUMUNE ADI	SERTLİK DEĞERİ (HB)
7 dk- 300 °C TEOSSUZ Mg7Ni	17,83
7 dk- 350 °C TEOSLU Mg7Ni	21,95
15 dk- 300 °C TEOSLU Mg7Ni	10,68

15 dk- 350 °C TEOSSUZ Mg7Ni	x

Çizelge 8. Sinter sonrası Mg7Ni numunelerin sertlik değerleri

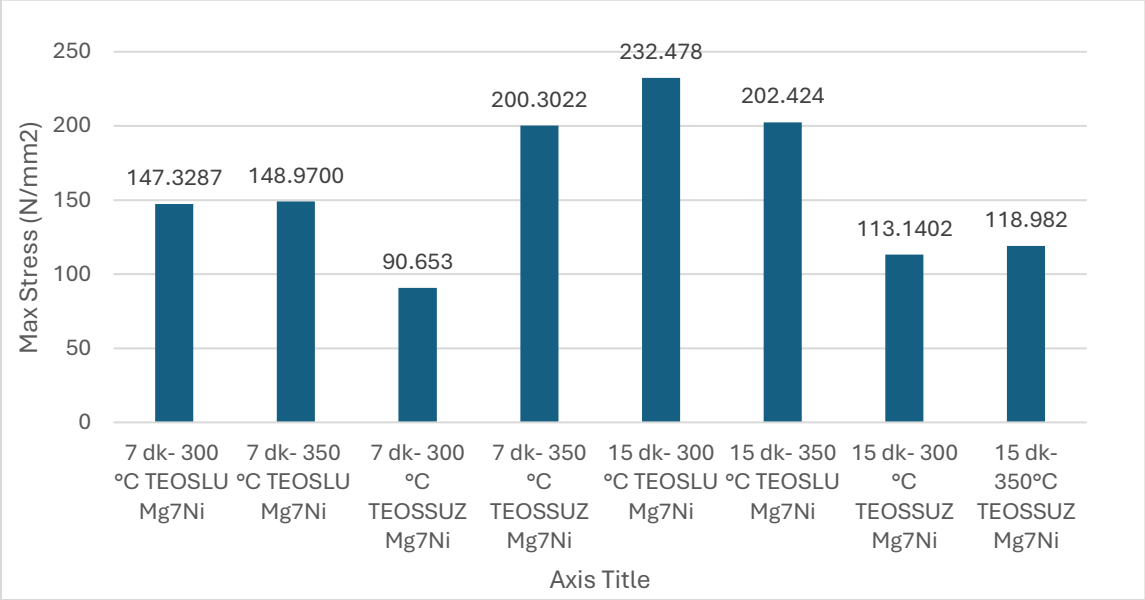
7 dakika süreyle 350 °C sıcaklıkta TEOS kaplı sinterleme, sertlik açısından en olumlu sonucu vermiştir. Uzun sinterleme sürelerinde sertlikte azalma ve mekanik dayanımda düşüş gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, TEOS kaplama ve uygun sinterleme koşulları, Mg7Ni alaşımlarının performansını artırmada önemli bir parametre olarak değerlendirilebilir.

3.3.Basma Dayanımı Analiz Sonuçları



Grafik 2. Kaplamalı ve kaplamasız Mg7Ni numunelerinin Gerilim-Gerinim Grafiği

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



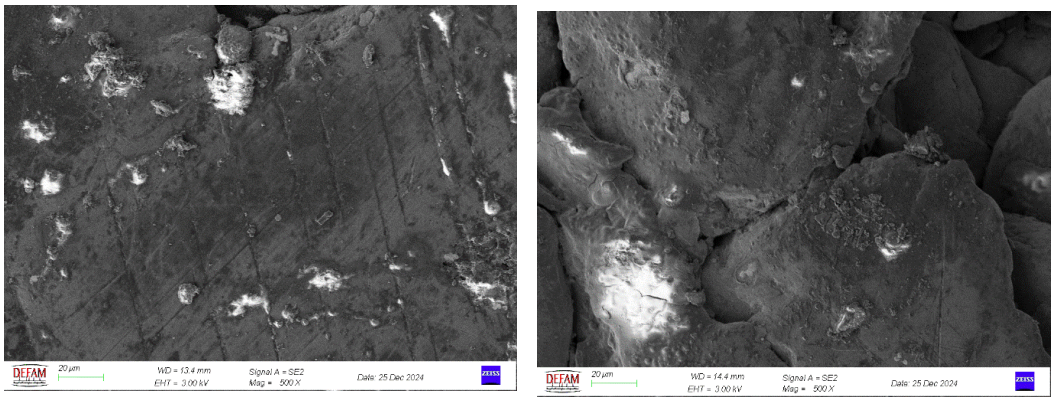
Grafik 3. Maksimum Basma Dayanım Grafiği

Sinterleme süresi, sıcaklık ve TEOS kaplama, numunenin mekanik özelliklerini birlikte etkileyen kritik parametrelerdir.

Uzun süre ve yüksek sıcaklık, özellikle TEOS kaplama ile mekanik dayanımı artırmıştır. Elde edilen sonuçlar, 15 dakika süre, 350 °C sıcaklık ve TEOS kaplamanın malzeme performansını optimize etmek için ideal koşullar olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, malzeme performansını uygulama amacına göre optimize etmenin önemini vurgulamaktadır.

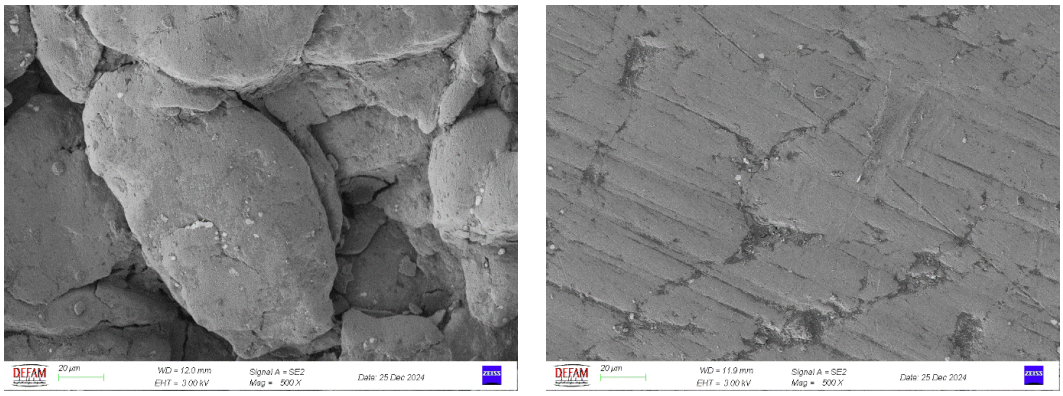
3.4.Sinter Numunelerinin SEM Görüntüleri

Mg7Ni alaşımı, 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 7 ile 15 dakika olmak üzere iki farklı sinterleme süresinde işleme tabi tutulmuştur. İncelenen numuneler TEOS kaplamalı ve kaplamasız olmak üzere iki gruba ayrılmıştır



(a)
(b)

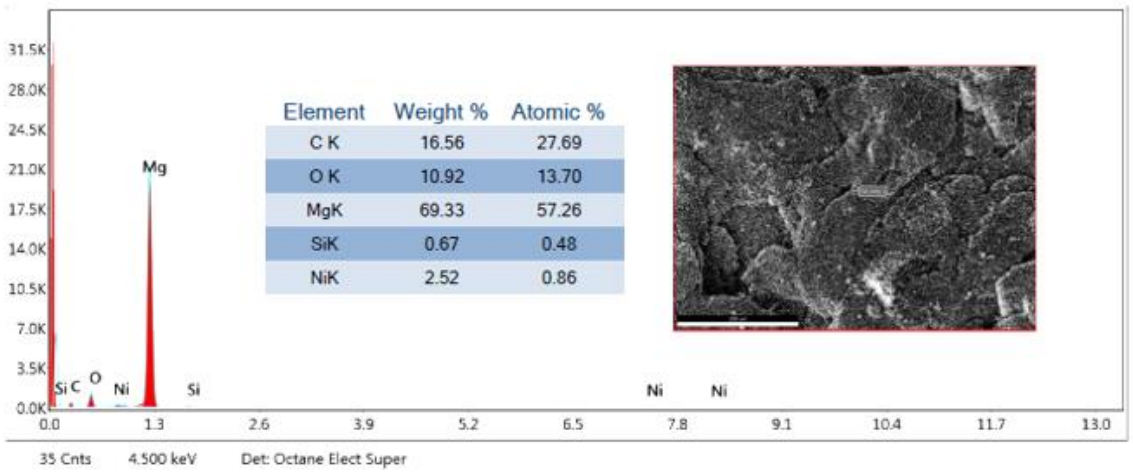
Görsel 14. TEOS Kaplamalı Mg7Ni numunesinin 500X SEM Görüntüsü (a) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 7 dakika boyunca sinterleme (b) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 15 dakika boyunca sinterleme



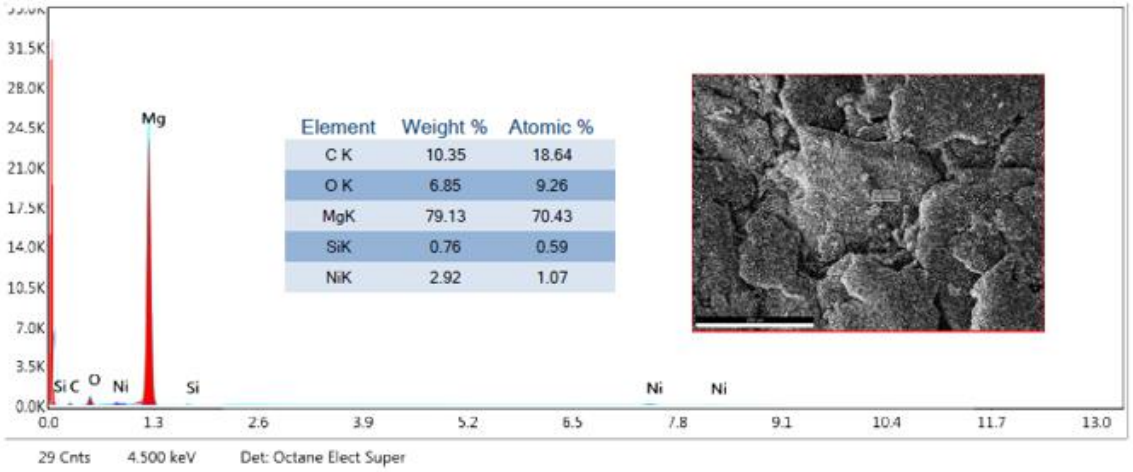
(a) (a) **(b)**

Görsel 15. TEOS Kaplamasız Mg7Ni numunesinin 500X SEM Görüntüsü (a) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 7 dakika boyunca sinterleme (b) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 15 dakika boyunca sinterleme

3.5.Sinter Numunelerinin EDS Analizleri

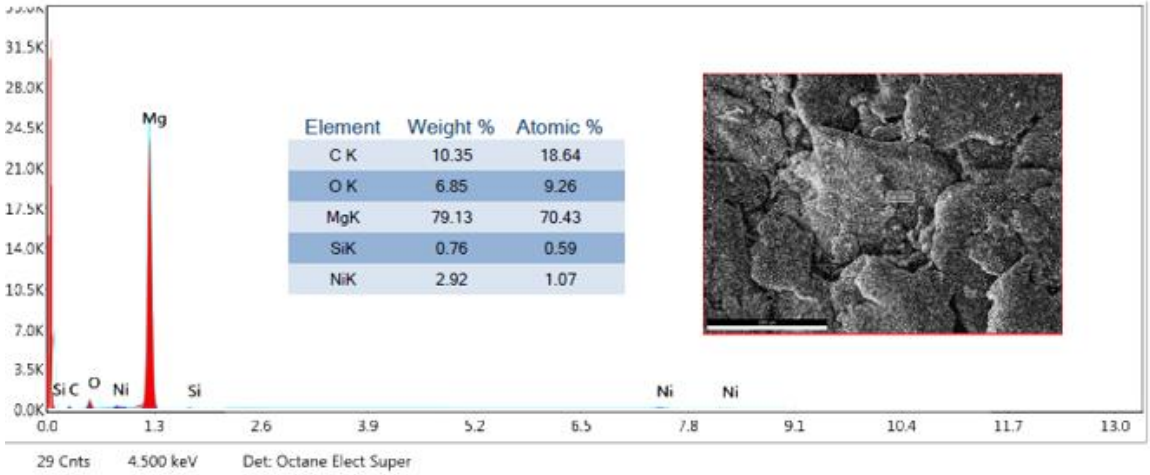


(a)



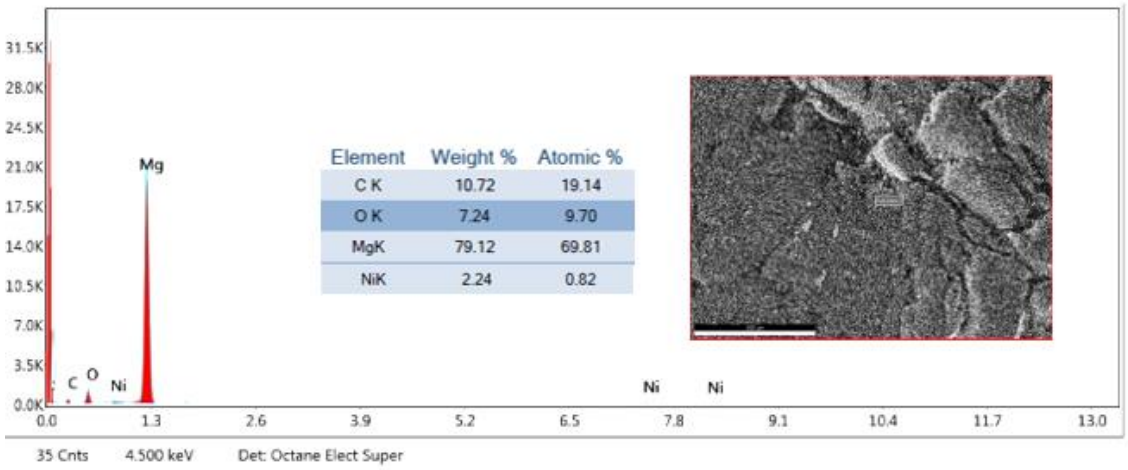
(b)

Görsel 16. TEOS Kaplamalı Mg7Ni numunesinin EDS Analizi (a) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 7 dakika boyunca sinterleme (b) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 15 dakika boyunca sinterleme



(a)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



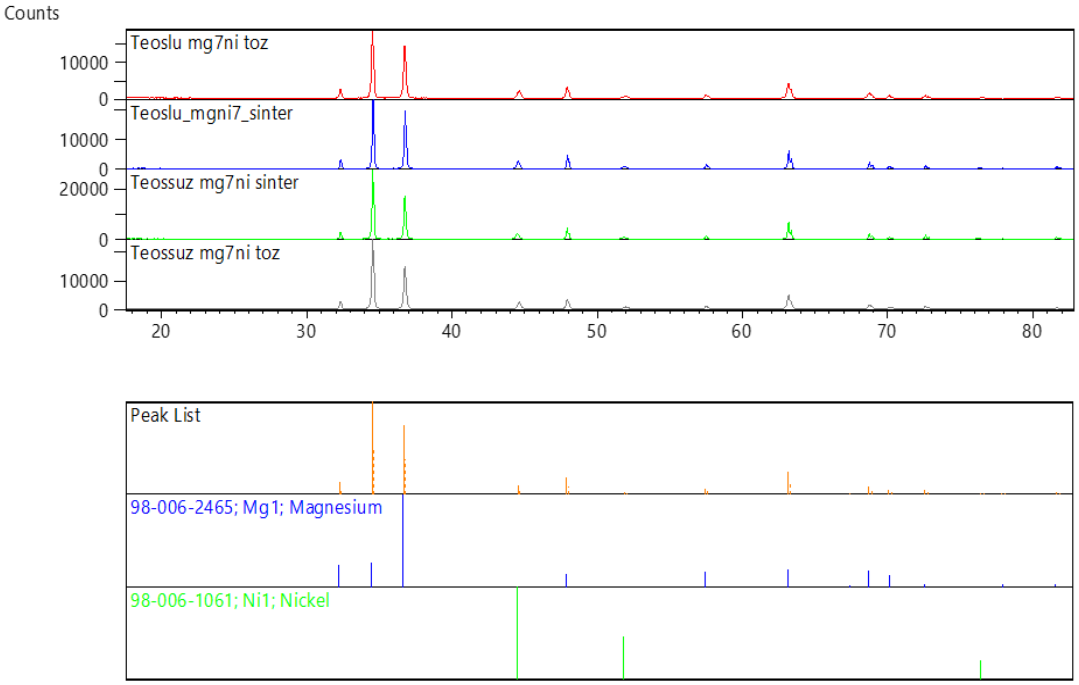
(b)

Görsel 17. TEOS Kaplamasız Mg7Ni numunesinin EDS Analizi (a) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 7 dakika boyunca sinterleme (b) 300-350 °C sıcaklık aralığında ve 15 dakika boyunca sinterleme

3.6.Sinterleme Öncesi ve Sonrası Numunenin XRD Analizi

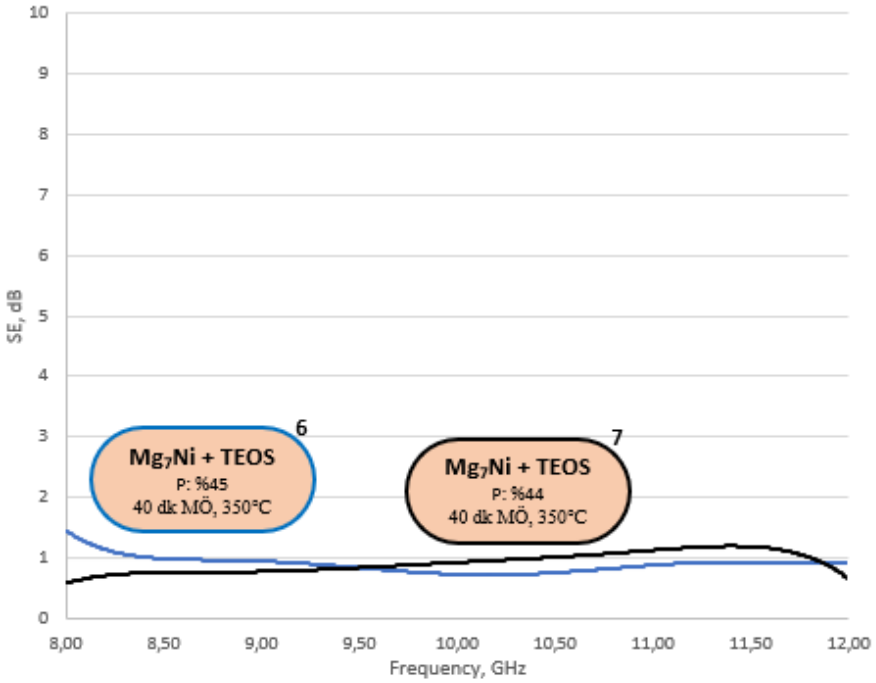
40 dakika öğütülen tozlar, TEOS kaplamalı ve kaplamasız olarak iki gruba ayrılmıştır. 300–350°C aralığında 9 dakika sinterlenen numunelerin XRD sonuçları Grafik 4'te kaplamalı ve kaplamasız olarak karşılaştırılmıştır.

Grafik 4. Mg7Ni Toz ve Sinter Numunelerinin XRD Analiz Sonuçları

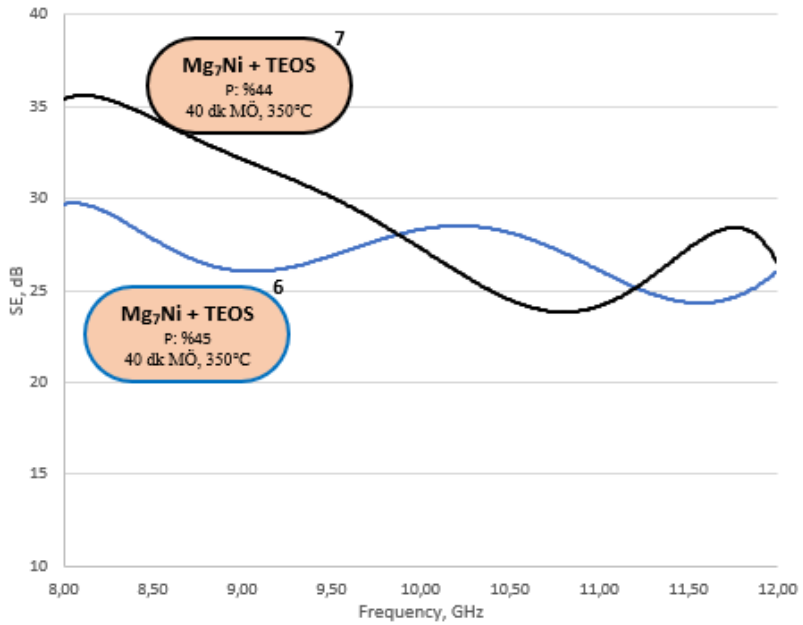


3.7.Vektör Network Analizi

Mg7Ni numunesi, TEOS kaplamalı olarak 40 dk öğütülmüş, 300–350°C sıcaklık aralığında 9 dakika süreyle sinterlenmiş ve elektromanyetik özellikleri ölçülmüştür. Sinterlenen numunenin S11 ve S21 desibel parametreleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.



Grafik 5. Mg7Ni + TEOS – 40 dk öğütülmüş / 9 dk sinterlenmiş numunenin Yansıma Etkinliği Analizi



Grafik 6. Mg7Ni + TEOS – 40 dk öğütülmüş / 9 dk sinterlenmiş numunenin Absorpsiyon Etkinliği Analizi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sinterleme parametreleri, TEOS kaplamalı ve kaplamasız numuneler üzerinde farklı etkiler göstermiştir. Kaplamasız numunelerde artan sıcaklık ve süre yoğunluğu artırırken, TEOS kaplamalı numunelerde gözeneklilik artışı ve yoğunluk dalgalanmaları gözlenmiştir. Bu durum, TEOS kaplamanın mikroyapıyı ve malzeme özelliklerini belirgin şekilde etkilediğini göstermektedir. Sertlik sonuçları, TEOS kaplamanın ve optimum sinterleme parametrelerinin seçiminin Mg7Ni alaşımlarının mekanik özelliklerini iyileştirmede kritik rol oynadığını göstermektedir.

Bu çalışmada sinterleme süresi, sıcaklık ve TEOS kaplamanın mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, 15 dakika, 350°C ve TEOS kaplamanın malzeme performansını artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Bulgular, işlem koşullarının kullanım amacına göre optimize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada sinterleme koşulları ve TEOS kaplamanın Mg7Ni malzemesinin mikroyapısal ve mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Optimum koşullar, homojen ve yüksek performanslı bir mikroyapı sağlamış, kritik parametrelerin önemini ortaya koymuştur.

SEM görüntüsünde dikkat çektiği üzere, numuneye uygulanan tetraetil ortosilikat (TEOS) kaplamasının varlığı, görüntüleme sırasında oluşturduğu yansıma ve parlaklık ile açıkça gözlemlenebilmektedir.

Şekil 14(a)'daki elementlerin ağırlık oranları %69,33 Mg, %2,52 Ni ve %0,67 Si ve çevresel etkenlerden kaynaklanan karbon ve oksijen tespit edilmiştir.

Şekil 14(b)'deki elementlerin ağırlık oranları ise %79,13 Mg, %2,92 Ni ve %0,76 Si ve çevresel etkenlerden kaynaklanan karbon ve oksijen tespit edilmiştir

Şekil 15(a)'daki elementlerin ağırlık oranları %79,12 Mg, %2,24 Ni ve çevresel etkenlerden kaynaklanan karbon ve oksijen tespit edilmiştir.

Şekil 15(b)'deki elementlerin ağırlık oranları ise %75,97 Mg, %2,54 Ni ve çevresel etkenlerden kaynaklanan karbon ve oksijen tespit edilmiştir

SEM Görüntüleme ve EDS analizleri incelendiğinde SEM görüntülerinin karşılaştırmalı analizinde, 7 ve 15 dakika olmak üzere farklı sürelerde sinterlenen TEOS kaplamalı Mg7Ni numunelerinde önemli mikroyapısal farklılıklar gözlenmiştir.

XRD analizleri, numunelerin yüksek kristallinite ve saflığa sahip olduğunu doğrulamıştır. Pik pozisyonlarının korunması, yapıdaki fazların değişmediğini; Mg2Ni fazına ait piklerin gözlemlenmesi ise hedef fazın başarıyla sentezlendiğini göstermektedir. Bu bulgular, Mg-Ni alaşım sisteminin başarılı bir şekilde oluşturulduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen VNA sonuçları, üretilen malzemelerin elektromanyetik kalkanlama uygulamaları için yüksek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

C. Mallon, 1984, Process for The Preparation of Alkyl Silicates, US Patent 4,487,949.

C. W. Hennessey, W. F. Caley, G. J. Kipouros and D. P. Bishop, Int'l J. Powder Metallurgy, 41 (2005), 50–63.

G. J. Kipouros, W. F. Caley and D. P. Bishop, Met. Mat. Trans. A, 37A (12) (2006), 3429–3436.

Hassan, S.F., Gupta, M., 2002a. Development of a novel magnesium/nickel composite with improved mechanical properties. Journal of alloys and compounds, 335(1-2), L10-L15.

Hassan, S.F., Gupta, M., 2002b. Development of high strength magnesium-based composites using elemental nickel particulates as reinforcement. Journal of Materials Science, 37(12), 2467-2474.

Koch, C. and Segev, I. (1998) Methods in Neuronal Modeling: From Ions to Networks. 2nd Edition, MIT Press, Cambridge.

López, A.J., Otero, E., Rams,J.Sol–gel silica coatings on ZE41 magnesium alloy for corrosion protection. Surface & Coatings Technology 205 (2010) 2375–2385

Montgomery, D. C., "Design and Analysis of Experiments", (3rd Ed.), John Wiley Sons, 649 s., 1991.

Taguchi, G. ve Yokoyama, Y., 1993, Taguchi Methods: Design of Experiments, ASI Press, USA, 330 pp.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Poliol Yöntemi ile Metalik Bakır Nano tozların Sentezi

Doktora Öğrencisi, Aydan ZEYNALOVA
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
zaynalovaaydan@gmail.com,ORCID ID:0009-0004-0963-6176-
Doç. Dr. Kürşad Oğuz OSKAY
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
koskay@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4026-867X

ÖZET

Bu çalışmada, etilen glikol (EG) kullanılarak poliol yöntemi ile metalik bakır nanoparçacıklarının sentezi gerçekleştirilmiştir. İndirgeme ajan olarak sodyum hipofosfit (SHP) kullanılmıştır. Stabilizatör olarak polivinilpirolidon (PVP) tercih edilmiştir. Hücre içerisine argon gazı besleyerek ve argon gazı beslemeden deneyler yapılmıştır. Argon gazı kullanılarak yapılan deneylerde oluşan nanopartikül dağılımının homojen olduğu görülmüştür. Reaksiyon süresinin belirlenmesi için 3 ila 45 dakika aralığında denemeler yapılmış ve SEM sonuçları nano toz oluşumunu doğrulamıştır. Farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerde, artan sıcaklıkla birlikte reaksiyon hızının arttığı ve deney süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, yüksek sıcaklıkta reaksiyon daha hızlı gerçekleşmiş, düşük sıcaklıklarda ise daha büyük ve homojen boyutlu bakır parçacıkları elde edilmiştir. Sentezlenen nanoparçacıklar, yıkama, santrifüjleme ve kurutma işlemlerine tabi tutulmuş, ardından XRD ve SEM analizleri ile yapısal ve morfolojik olarak karakterizasyonları incelenmiştir. Yapılan XRD analizleri sonucunda, oksit içermeyen bakır nano tozların da üretildiği belirlenmiştir. Reaksiyon süresi, sıcaklık, parçacık boyutu ve morfolojisi üzerindeki etkisi SEM görüntüleri ile tartışılmıştır. Bununla birlikte, su bazlı ve etilen glikol bazlı sistemlerin karşılaştırıldığı deneylerde, etilen glikol bazlı yöntemin daha düşük oksitlenme ve daha iyi stabilizasyon sağladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, poliol yönteminin çeşitli koşullarda etkili olduğunu ve sentez parametrelerinin kontrolü ile istenen özellikte nanoparçacıklar üretilebileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular incelendiğinde, 1M sodyum hipofosfit (SHP) kullanılarak yapılan reaksiyonlarda 7 dakikada en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Poliol yöntemi, bakır nanoparçacıkları, Sodyum hipofosfit (SHP),

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Giriş

Son yirmi yılda, metal nanoparçacıkların özelliklerini ve potansiyel uygulamalarını keşfetmeye yönelik, yapılan araştırmalar bu materyallerin sentezlenmesine yönelik çalışmaları duyulan ilgiyi arttırmıştır bu materyallerin özelliklerini ve potansiyel uygulamalarını keşfetme amacıyla gelişmiştir [1], [2], [3] . Çeşitli metal nanoparçacıklar arasında bakır nanoparçacıkları, katalitik, optik ve elektriksel iletkenlik özellikleri nedeniyle büyük ilgi çekmiştir [4], [5], [6], Bakır nanoparçacıkları esnek elektronik uygulamalarında kullanımı artmaktadır.

Metal nano tozlar, özellikle polimerik esnek elektronik devre kartlarında iletken yolların serigrafi ya da mürekkep püskürtmeli baskı yöntemleriyle desenlendiği pasta veya mürekkep hazırlamak için temel bileşen olarak kullanılmaktadır. Nanomalzemelerin sinterlenme sıcaklığı bulk halindeki malzemelere kıyasla önemli ölçüde düşürülebilir [7]. Böylece metal nano tozlar düşük sıcaklıklarda sinterlenerek baskılı elektroniklerde kullanılmak için uygun hale getirilir., metal nano tozların düşük dirençli iletken filmler oluşturmak üzere düşük sıcaklıklarda tavlanabilecek baskılı elektroniklerde kullanılmak için potansiyel olarak uygun hale getirir.

Günümüzde, maliyetli olmalarına rağmen elektronik sanayinde genellikle altın ve gümüş gibi değerli metaller kullanılmaktadır. Bu bağlamda, bakır, yüksek iletkenliği ve altın (Au) ile gümüşe (Ag) kıyasla çok daha ekonomik olması nedeniyle iyi bir alternatif malzeme olarak öne çıkmaktadır. Bakır nanoparçacıklarının hazırlanması için termal Bakır nanoparçacıklarının hazırlanması için termal indirgeme[8], sono-kimyasal indirgeme[8], [9] kimyasal indirgeme [6], fiziksel buhar biriktirme[10], mikro emülsiyon teknikleri [12], [13], [14] ve lazer ablasyonu gibi çeşitli yöntemler geliştirilmiştir[15].

Yukarıda belirtilen yöntemlerin çoğu, bakırın kolayca oksitlenmesi nedeniyle, bakırın sentezi için oksijensiz bir ortam kullanmaktadır. Lisiecki ve arkadaşları[16], sodyum dodesil sülfatı kaplama molekülü olarak kullanarak bakır nanoparçacıklarını sulu bir çözeltide hazırlamış ve partiküllerin oksidasyonunu önlemek için bir glove box kullanmışlardır. Joshi ve arkadaşları ile Wu ve arkadaşları ise, bağımsız olarak, nitrojen atmosferi altında sulu bir sistemde bakır nanoparçacıklarının sentezini rapor etmişlerdir[9], [17].

Bakır nano tozların (CuNP) sentez yöntemleri arasında yer alan poliol yöntemi, polimerik bir yüzey aktif madde ve uygun bir tuzun katkısıyla gerçekleştirilen kimyasal indirgeme esasına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntem, basit ve ekonomik olmasıyla birlikte, nispeten yüksek verim sağlamasıyla dikkat çekmektedir. Poliol yönteminde, bir poliol çözücü, polimerik kaplama ajanı ve metal kaynağı olarak kullanılan metal tuzu eklenerek ve birlikte ısıtılarak metal nanoyapılar sentezlenebilmektedir. Bu işlem, polimerik bir kaplama ajanı varlığında bakır iyonlarının kimyasal olarak indirgenmesiyle ilerler. EG hem çözücü hem de indirgeme ajanı olarak işlev görür. Bu çalışmada, modifiye edilmiş bir poliol işlemi kullanılarak, oksit içermeyen bakır nanoparçacıklar sentezlenmiştir. Poliol yöntemi, basit uygulanabilirliği, yüksek verimliliği ve düşük maliyetli oluşu nedeniyle öne çıkan bir yöntem olarak değerlendirilmektedir[22].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Bakır Nanopartiküllerin Sentezi

Polivinilpirolidon (PVP, K-30), sodyum hipofosfit monohidrat ($NaH_2PO_2 \cdot H_2O$), bakır sülfat pentahidrat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), etilen glikol ve ethanol analitik saflıktadır ve herhangi bir ek saflaştırma yapılmadan kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bakır nanoparçacıkların sentezinde, su ve etilen glikol kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Poliol yönteminde, etilen glikol gibi bir poliol sıvısı hem reaksiyon ortamı sağlar hem de indirgeme ajanı olarak görev yapar.[25]. İndirgeme ajanı olarak 1M $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$ (sodyum hipofosfit) kullanılmış, bakır sülfat pentahidrat 1M ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), çözeltisi 10 ml etilen glikol (EG, $C_2H_6O_2$) içinde çözülerek hazırlanmış ve stabilizatör olarak polivinilpirolidon (PVP K30, Mw 55.000) eklenmiş; toplamda 40 ml etilen glikol kullanılmıştır.

Çalışmada, 45 ml etilen glikol ile su kullanılarak 1M hipofosfit çözeltisi hazırlanmış ve stabilizatör olarak 12.61 g polivinilpirolidon (PVP K30) eklenmiştir. Elde edilen çözelti 350 rpm hızında karıştırılarak homojen hale getirilmiş, ardından 90°C'ye kadar ısıtılmıştır. Bu işlem, nanoparçacık sentezinde hipofosfitin indirgeme ajanı olarak etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Reaksiyon süresi yaklaşık 10 dakika olarak belirlenmiş ve çözelti rengindeki değişikliklerle reaksiyonun ilerlemesi gözlemlenmiştir. İlk 1-2 dakika içinde, nanoparçacık oluşumunu doğrulayan başlangıç renk değişimi gözlemlenmiştir. Bu renk değişimleri, reaksiyonun ilerlediğini gözlememize yardımcı olmuştur ve nano toz oluşumunu SEM ve XRD sonuçları ile doğrulanmıştır

Etilen glikol kullanılarak yapılan deneylerde reaksiyon süresinin belirlenmesi amacıyla 3 ila 45 dakika arasında değişen sürelerde deneyler gerçekleştirilmiştir. Nano toz üretim sürecinde reaksiyon sırasında gözlenen renk değişimi (maviden yeşile, ardından kahverengiye) gözlemlenmiştir ve literatür ile benzer sonuçlar elde edilmiştir[26].

Reaksiyon tamamlandıktan sonra, nanoparçacıkları stabilize etmek, reaksiyonu sonlandırmak ve yan reaksiyonları engellemek için çözeltiye yaklaşık 15-20 ml soğuk su eklenmiştir. Elde edilen süspansiyon, nanoparçacıkları ayırmak için 10000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Toplanan nanoparçacıklarda, yıkama işlemi için iki kez etanol ve bir kez su ile yıkanmıştır. Son olarak, örnekler vakum altında 60°C'de 1 saat kurutulmuştur.

$NaH_2PO_2 \cdot H_2O$, bakır partiküllerinin üretiminde sıklıkla kullanılan bir sulu kimyasal indirgeme ajanıdır ve aşağıdaki denklemlerle ifade edilen reaksiyonlar nano toz üretim sürecinde meydana gelmektedir.

Hipofosfit iyonları ile metal indirgeme mekanizması çeşitli şemalarla açıklanmıştır[26]. Bazı araştırmacılar, metal iyonlarının, hipofosfitin su ile reaksiyonundan açığa çıkan atomik hidrojen tarafından indirgendiklerini öne sürmüşlerdir: bu süreç Denklem 1'e göre açıklanmaktadır[27].

$$H_2PO_2^- + H_2O \rightarrow H_2PO_3^- + 2H \quad (1)$$

Bu durumda, toplam indirgeme işlemi şu şekilde yazılabilir:

$$M^{2+} + H_2PO_2^- + H_2O \rightarrow M^0 + H_2PO_3^- + 2H^+ \quad (2)$$

İki hidrojen atomu birleşerek bir hidrojen molekülü oluşturur:

$$2H \rightarrow H_2 \quad (3)$$

Ancak, deneysel olarak bir M^{2+} katyonunun indirgenmesinin, aşağıdaki denkleme göre iki hipofosfit anyonunun oksitlenmesine karşılık geldiği belirlenmiştir: [26]

$$M^{2+} + H_2PO_2^- + H_2O \rightarrow M^0 + H_2PO_3^- + 2H^+ + H_2 \quad (4)$$

Reaksiyon sürecinde meydana gelen renk değişiklikleri, bakır sülfat ve hipofosfit arasında farklı komplekslerin oluşumunu göstermektedir. Bakır sülfat çözeltisi hipofosfit çözeltisine eklendiğinde, mavi bakır sülfat çözeltisi renksiz hale gelir (Aşama I), ardından yeşil

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

renge döner (Aşama II) ve son olarak kına rengine (Aşama III) dönüşür. İndirgeme mekanizmasının ara adımları şu şekilde tanımlanmıştır:[26]

Aşama I — Renksiz bakır (II) kompleksinin oluşumu:

$$2[Cu(H_2O)_6]^{2+} + 4H_2PO_2^- \rightarrow [Cu_2(H_2O)_4 \cdot (H_2PO_2)_4]^0. \quad (5)$$

Mavi Renksiz

Reaksiyonda nötr kompleks ya mononükleer ya da dinükleer oluşabilir. Daha yüksek reaktant konsantrasyonlarında dinükleer kompleks oluşma olasılığı daha yüksektir.[26]

Aşama II — Bakır (II)'nin bakır (I)'e indirgenmesi ve eş zamanlı olarak yeşil bakır(I) kompleksinin oluşumu:

$$[Cu_2(H_2O)_4 \cdot (H_2PO_2)_4]^0 + H_2O \rightarrow [Cu_2(H_2O)_4 \cdot (H_2PO_2)_3 \cdot (H_2PO_3)]^{2-} + 2H^+. \quad (6)$$

Renksiz Yeşil

Elde edilen yeşil renk, bakır(I) tuz çözeltilerinin tipik bir özelliğidir. Aşama III, daha ileri bir indirgenme sonucu oldukça dağınık metalik bakırın oluşumuyla sonuçlanır ve bu durum çözeltinin kına rengine dönüşmesine neden olur.[26]

Aşama III — Bakır (I)'in metallik bakır (0)'a indirgenmesi:

$$[Cu_2(H_2O)_4 \cdot (H_2PO_2)_3 \cdot (H_2PO_3)]^{2-} + H_2O \rightarrow 2Cu^0 \cdot 2H_2PO_2^- + 2H_2PO_3^- + 2H^+. \quad (7)$$

Yeşil Kına rengi

Reaksiyon denklemleri (5) – (7) birleştirilerek aşağıdaki denklem elde edilir:

$$Cu^{2+} + H_2PO_2^- + H_2O = Cu^0 + H_2PO_3^- + 2H^+ \quad (8)$$

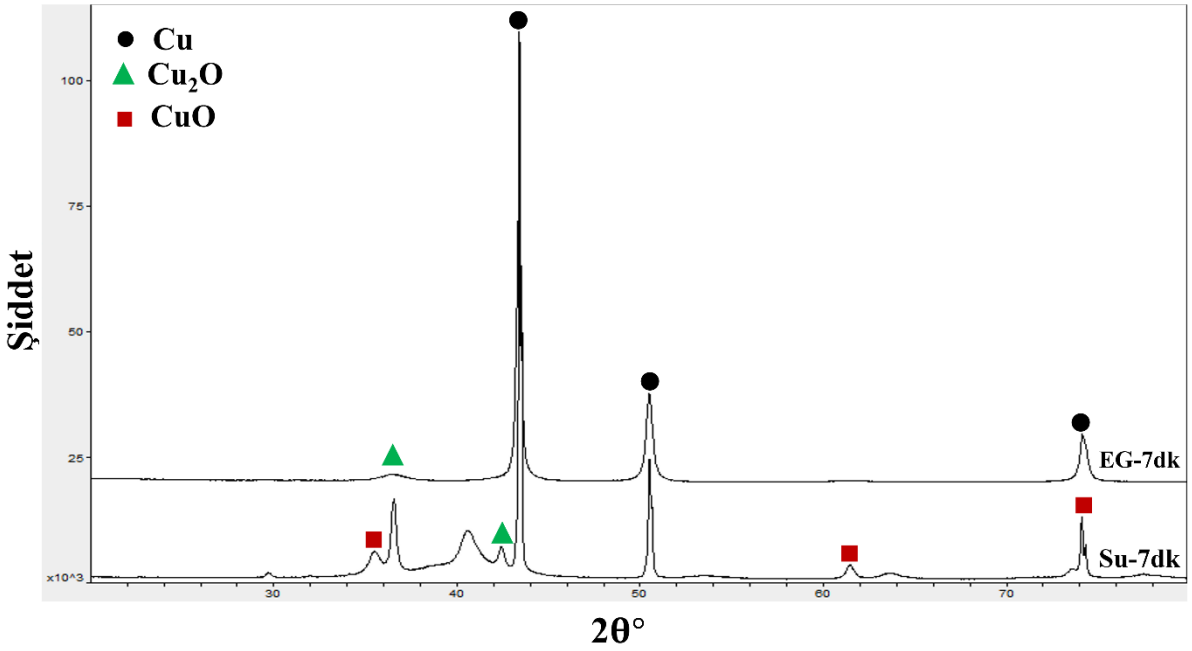
Birleştirilmiş denkleme bakıldığında, hipofosfit anyonunun tüketiminin bakırın indirgenmesiyle doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Denklem (8) ve Le Chatelier Prensibine dayanarak öngörülebileceği gibi, reaksiyon sistemine aşırı miktarda hipofosfit eklenmesi, bakır katyonunun indirgenme hızını artıracaktır. Ancak, aşırı miktarda hipofosfit kullanımı durumunda, ani hidrojen oluşumu nedeniyle reaksiyon sistemini kararsız hale getirir. Bu nedenle, sentez için kullanılan hipofosfit-bakır mol oranının optimum seviyede gerçekleştirilmesi önemlidir.

2.2. SEM ve XRD analizleri

Kına rengindeki süspansiyondan ayrılan bakır nanoparçacıklar, boyut dağılımları ve şekilleri açısından FE-SEM ve XRD yöntemleriyle analiz edilmiştir.

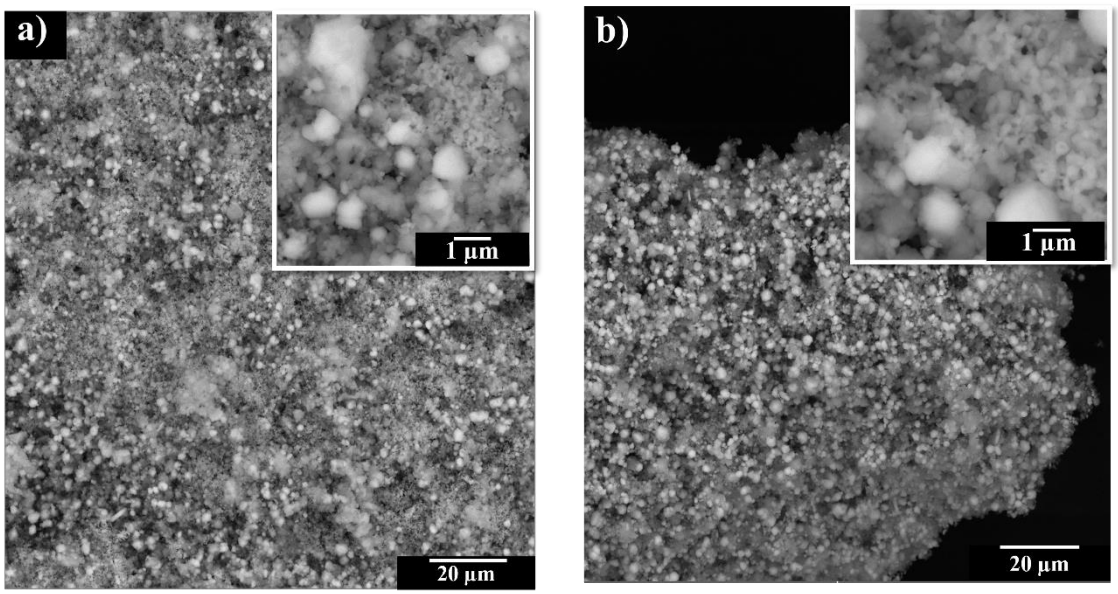
Görsel 1'de, su ve etilen glikol kullanılarak yapılan deneylerin XRD sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Su ile yapılan çalışmada, yalnızca saf bakırın oluşmadığı, aynı zamanda bakır oksit (CuO) ve bakır(I) oksit (Cu_2O) fazlarının da oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum, su kullanılarak yapılan deneylerde oksitlenmiş fazların oluştuğunu göstermiştir. Etilen glikol ile yapilan çalışmalarda ise Cu_2O fazının yalnızca düşük şiddetli bir pik oluşturduğu ve diğer piklerin saf bakır fazını temsil ettiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple sonraki çalışmalarda etilen glikol kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

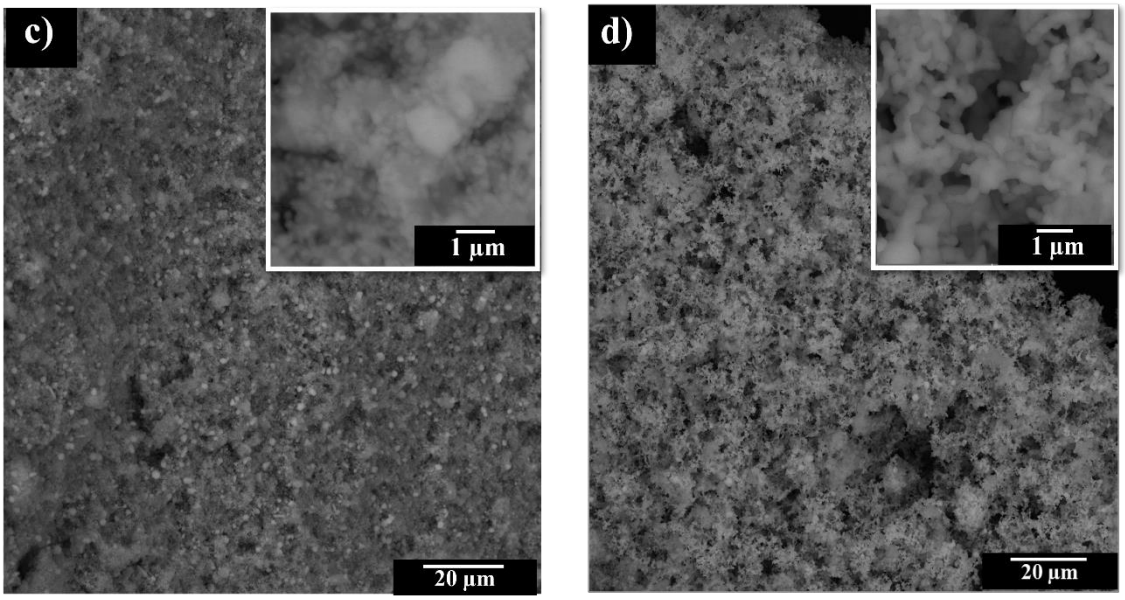


Görsel 1. EG-7dk ve Su-7dk numunelerinin X-ışını kırınımı (XRD) analizi.

Görsel 2'de farklı sürelerde sentezlenen bakır nanoparçacıklarının SEM görüntülerini göstermektedir. SEM görüntüleri, farklı sürelerde yapılan analizler sonucunda bakır nanoparçacıklarının küresel şekilli aglomere olmuş nano parçacıklardan oluştuğu görülmektedir. Reaksiyon süresi artıkça, elde edilen parçacıkların boyutu küçülmekte ve boyut dağılımı da daralmaktadır [20]. Bakır nanoparçacıklarının boyutu yaklaşık 500-700 nm arasında homojen yapıda sentezlendiğini göstermektedir.

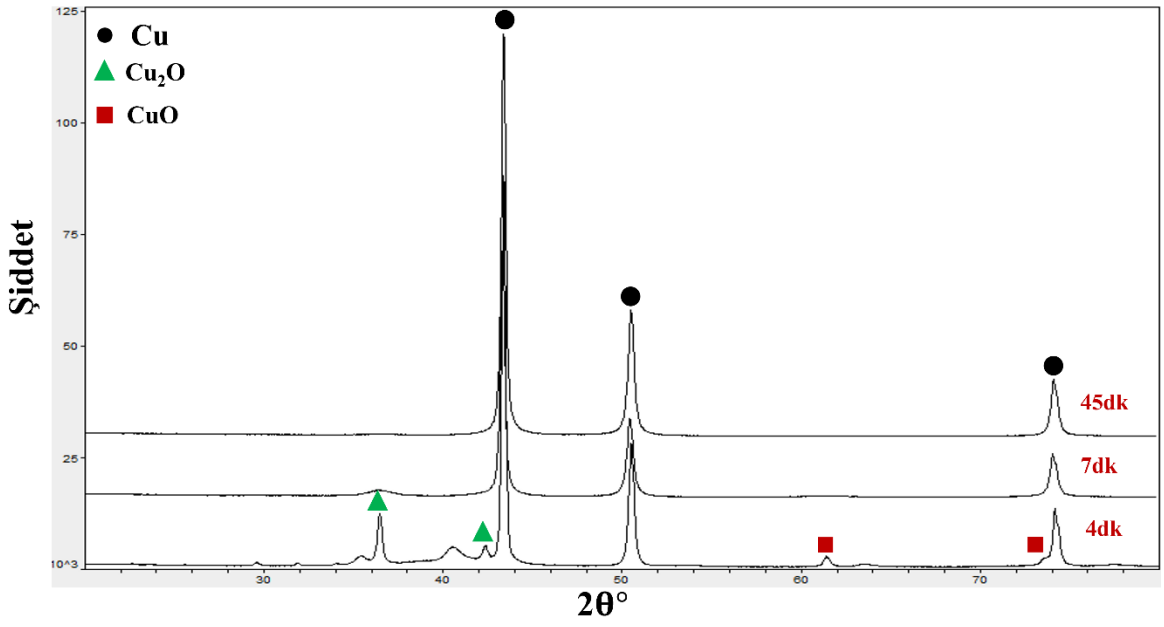


ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Farklı sürelerde bakır nanoparçacıklarının SEM görüntüleri. a) 3dk b) 4dk c) 7dk d) 45dk

Görsel 3'te 4dk,7dk ve 45dk süre ile sentezlenen bakır nanoparçacıklarının X-ışını kırınımı (XRD) analizleri verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde üretilen tozların tamamen saf bakır (Cu) fazında olmadığı ve çeşitli oksitlenmiş fazların mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Deney süresi 4 dakika sürdürülen numunede, bakır oksit (CuO) ve bakır(I) oksit (Cu_2O) fazlarının bulunduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, reaksiyon süresinin yetersiz kaldığını ve indirgeme işleminin tamamlanamadığını göstermektedir. Süre arttırılarak 7 dakika sürdürülen numunede Cu_2O fazının şiddetinin çok düşük bir seviyeye indiği , bakır oksit (CuO) piklerinin azaldığı ve saf bakır (Cu) fazının arttığı gözlemlenmiştir. 45 dakikalık numunede ise tamamen saf bakır (Cu) fazının elde edildiği ve oksitlenmiş fazların neredeyse tamamen giderildiği gözlemlenmiştir. Genel olarak, reaksiyon süresi arttıkça saf bakır fazının oluşumunun arttığı ve oksitlenmiş fazların miktarının azaldığı belirlenmiştir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 3. Farklı sürelerde bakır nanoparçacıklarının X-ışını kırınımı (XRD) analizi) 4dk,7dk ,45dk

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmalarda su esaslı ve etilen glikol esaslı iki farklı nano toz üretimine yönelik denemeler yapılmıştır. Su esaslı yapılan denemelerde yapıda oksitli fazların varlığı tespit edilmiştir. Etilen glikol ile yapılan çalışmalarda ise oksit içermeyen, metalik bakır nanoparçacık üretilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen optimum koşullar: NaH_2PO_2: 1M, $CuSO_4$:1M, karıştırma hızı:350 rpm, sıcaklık: 90°C, süre: 45 dk. olarak belirlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

[1] J. H. Fendler, “Atomic and Molecular Clusters in Membrane Mimetic Chemistry.” [Online]. Available: https://pubs.acs.org/sharingguidelines

[2] G. G. Ferrier, A. R. Berzins, and N. M. Davey, “The Production of Palladium Powders for Electronic Applications REACTION CONDITIONS DETERMINE SURFACE CHARACTER.”

[3] M. Brust and C. J. Kiely, “Some recent advances in nanostructure preparation from gold and silver particles: a short topical review,” 2002. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/colsurfa

[4] N. A. Dhas, C. P. Raj, and A. Gedanken, “Synthesis, Characterization, and Properties of Metallic Copper Nanoparticles,” 1998. [Online]. Available: https://pubs.acs.org/sharingguidelines

[5] Z. Liu and Y. Bando, “A novel method for preparing copper nanorods and nanowires,” *Advanced Materials*, vol. 15, no. 4, pp. 303–305, Feb. 2003, doi: 10.1002/adma.200390073.

[6] H. H. Huang *et al.*, “Synthesis, Characterization, and Nonlinear Optical Properties of Copper Nanoparticles,” 1996. [Online]. Available: https://pubs.acs.org/sharingguidelines

[7] D. Kim, S. Jeong, and J. Moon, “Synthesis of silver nanoparticles using the polyol process and the influence of precursor injection,” *Nanotechnology*, vol. 17, no. 16, pp. 4019–4024, Aug. 2006, doi: 10.1088/0957-4484/17/16/004.

[8] J. Suárez-Cerda, H. Espinoza-Gómez, G. Alonso-Núñez, I. A. Rivero, Y. Gochi-Ponce, and L. Z. Flores-López, “A green synthesis of copper nanoparticles using native cyclodextrins as stabilizing agents,” *Journal of Saudi Chemical Society*, vol. 21, no. 3, pp. 341–348, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.jscs.2016.10.005.

[9] R. Vijaya Kumar, Y. Mastai, Y. Diamant, and A. Gedanken, “Sonochemical synthesis of amorphous Cu and nanocrystalline Cu2O embedded in a polyaniline matrix,” *J Mater Chem*, vol. 11, no. 4, pp. 1209–1213, 2001, doi: 10.1039/b005769j.

[10] Z. Liu and Y. Bando, “A novel method for preparing copper nanorods and nanowires,” *Advanced Materials*, vol. 15, no. 4, pp. 303–305, Feb. 2003, doi: 10.1002/adma.200390073.

[11] I. G. Casella"’, T. R. I. Cataldi, A. Guerrieri, and E. Desimonib, “CHIMICA ACTA Copper dispersed into polyaniline films as an amperometric sensor in alkaline solutions of amino acids and polyhydric compounds,” 1996.

[12] I. Lisiecki, M. P. Pileni, and C. E. N. Saclay, “Synthesis of Copper Metallic Clusters Using Reverse Micelles as Microreactors,” 1993. [Online]. Available: https://pubs.acs.org/sharingguidelines

[13] A. G. Rinzler *et al.*, “Direct Relationship Between Shape and Size of Template and Synthesis of Copper Metal Particles,” *Chem. Phys. Lett*, vol. 11, no. 16, p. 557, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1521-4095(199911)11:16<1358::AID-ADMA1358>3.0.CO;2.

[14] Qi and al, “NOTE Synthesis of Copper Nanoparticles in Nonionic Water-in-Oil Microemulsions The nonionic surfactant TX-100 [p-tert-C 8 H 17 C 6 H 4 (OC 2 H 4),” 1997.

[15] M.-S. Yeh, Y.-S. Yang, Y.-P. Lee, H.-F. Lee, Y.-H. Yeh, and C.-S. Yeh, "Formation and Characteristics of Cu Colloids from CuO Powder by Laser Irradiation in 2-Propanol," 1999, doi: 10.1021/jp984163.

[16] I. Lisiecki, F. Billoudet, M. P. Pileni, and C. E. N. Saclay, "Control of the Shape and the Size of Copper Metallic Particles," 1996. [Online]. Available: https://pubs.acs.org/sharingguidelines

[17] S. H. Wu and D. H. Chen, "Synthesis of high-concentration Cu nanoparticles in aqueous CTAB solutions," *J Colloid Interface Sci*, vol. 273, no. 1, pp. 165–169, May 2004, doi: 10.1016/j.jcis.2004.01.071.

[18] F. Elsevier, G. Viau, F. F&et-Vincent, and F. Fihet, "Nucleation and growth of bimetallic CoNi and FeNi monodisperse particles prepared in polyols," 1996.

[19] F. Fievet, F. Fievet-Vincent, J. P. Lagler, B. Dumont, and M. Figlarz, "Controlled nucleation and growth of micrometre-size copper particles prepared by the polyol process," *J Mater Chem*, vol. 3, no. 6, pp. 627–632, 1993, doi: 10.1039/jm9930300627.

[20] B. K. Park, S. Jeong, D. Kim, J. Moon, S. Lim, and J. S. Kim, "Synthesis and size control of monodisperse copper nanoparticles by polyol method," *J Colloid Interface Sci*, vol. 311, no. 2, pp. 417–424, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.jcis.2007.03.039.

[21] P. Silvert and K. Tekaia-Elhsissen, "c@s _. __ Synthesis of monodisperse submicronic gold particles by the polyol process," 1995.

[22] S. Hemmati, "Synthesis and Characterization of Silver Nanowire Suspensions Synthesis and Characterization of Silver Nanowire Suspensions for Printable Conductive Media for Printable Conductive Media." [Online]. Available: https://scholars.unh.edu/dissertation/2250

[23] K. C. Song, S. M. Lee, T. S. Park, and B. S. Lee, "Preparation of colloidal silver nanoparticles by chemical reduction method," 2009.

[24] J. Jiu, T. Tokuno, M. Nogi, and K. Suganuma, "Synthesis and application of Ag nanowires via a trace salt assisted hydrothermal process," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 14, no. 7, Jul. 2012, doi: 10.1007/s11051-012-0975-5.

[25] "6038".

[26] Y. Lee, J. R. Choi, K. J. Lee, N. E. Stott, and D. Kim, "Large-scale synthesis of copper nanoparticles by chemically controlled reduction for applications of inkjet-printed electronics," *Nanotechnology*, vol. 19, no. 41, Oct. 2008, doi: 10.1088/0957-4484/19/41/415604.

[27] Y. Lee, J. Choi, K. J. Lee, and N. E. Stott, "Large-scale synthesis of copper nanoparticles by chemically controlled reduction for applications of inkjet-printed electronics," 2008, doi: 10.1088/0957-4484/19/41/415604.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ni-Im@GO KATALİZÖRLÜĞÜNDE NİTROBENZENİN HİDROJENASYONU

Doç. Dr. Dilek KILINÇ

Harran Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri Bölümü,

Farmasötik Kimya ABD

dkilinc@harran.edu.tr- ORCID ID:0000-0002-0171-2371

ÖZET

Bu çalışmada, bir Nikel-İmin kompleksi sentezlendi. Sentezlenen bu kompleks Grafen oksit üzerine tutturularak yeni destekli bir metal kompleksi (Ni-Im@GO**)** elde edildi. Sentezlenen Grafen oksit destekli-Nikel-İmin kompleksinin yapısı farklı spektroskopik ve mikro analiz teknikleri kullanılarak aydınlatıldı. Elde edilen destekli Ni-İmin kompleksi nitroaren bileşiklerinin hidrojenasyon tepkimelerinde katalizör olarak kullanıldı. Tepkimenin ilerleyişi ve dönüşümü gaz kromatografisi kullanılarak açıklandı. Grafen oksit destekli-Nikel kompleks katalizörünün kullanıldığı bu tepkimenin % 100 dönüşümle gerçekleştiği ve Ni-Im@GO katalizörünün bu tepkimede yüksek bir aktivite gösterdiği gözlemlendi.

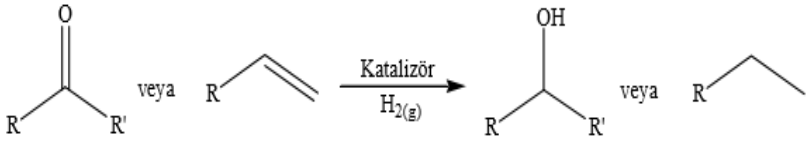
Anahtar Kelimeler: Ni-İmin, Grafen oksit, Hidrojenasyon

1. GİRİŞ

Bir hidrojen kaynağı kullanılarak doymamış bağların indirgenmesi hidrojenasyon reaksiyonu olarak tanımlanır [1]. Hidrojenasyon, çoklu bağlar içeren yapılarda (alkenler, alkinler, nitriller ve ketonlar) oldukça önemli bir reaksiyondur ve organik bileşikleri doygun hale getirmek, farklı işlevsel gruplara sahip farklı bileşikler oluşturmak için uygulanan bir indirgeme tepkimesi prosesidir [2].

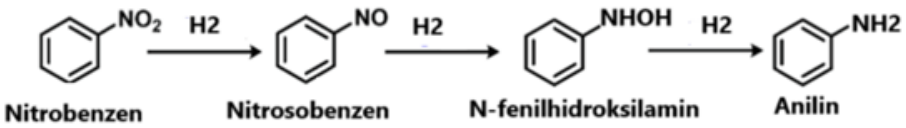
Kimyasal grupların hidrojenasyon reaksiyonları istemli olmasına rağmen oluşan reaksiyon hızı oldukça düşüktür ve reaksiyonun yürütülmesi kolay değildir [3]. Ancak, uygun bir katalizör varlığında hidrojenasyon reaksiyonları kolaylıkla gerçekleşebilmektedir [4]. Farklı alanlarda alkenlerin hidrojenlenmesi için kullanılan birçok katalizör literatürde mevcuttur. Tepkimeler genel olarak d-grubuna ait uygun bir metal katalizörü kullanılarak ve fonksiyonel gruba $H_{2(g)}$ bağlanmasıyla gerçekleşir. Bu tür indirgenme tepkimeleri özellikle doymamış hidrokarbonlarda veya karbonil grubu taşıyan yapılarda (alkenler, alkinler, nitriller ve ketonlar) ciddi önem arz etmektedir (**Görsel 1**). Kullanılacak substratın yapısına göre uygun basınç altında gerçekleşen bu tepkime, sağlık, endüstri gibi alanlarda ve yeni organik yapıların elde edilmesinde kullanılmaktadır [2].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Katlı bağların hidrojenasyon tepkimesi

Herhangi bir katalizör kullanılmadan hidrojenasyon tepkimesiyle alkenlerden alkan eldesi sağlanabilir ve bu tepkime termodinamik açıdan istemli olmasına karşın hesaplanan tepkime hızı oldukça düşük değerlerdedir [4-6]. Anilin ve anilin türevleri gibi endüstrinin birçok kolunda (eczacılık, tıp, patlayıcı bileşik üretimi, boya, kauçuk eldesi, vb.) veya değişik alanlarında kullanılan bileşiklerin sentezinde; nitrobenzenin indirgenmesi prosesi yaygın olarak uygulanmaktadır [7-9]. Nitrobenzenin hidrojen katılarak indirgenmesinde gaz veya sıvı fazdaki substratlar kullanılarak hidrojenasyon gerçekleştirilebilmektedir [10-13]. Nitrobenzenin aniline dönüşüm tepkimesi ve tepkime ara basamakları **Görsel 2** de verilmiştir.



Görsel 2. Nitrobenzenin aniline dönüşüm tepkimesi ve tepkime ara basamakları

Nitrobenzenin indirgenmesi sırasında anilin dışında istenmeyen ve farklı yan ürünler de oluşabilmektedir. Bu amaçla yüksek bir seçiciliğe sahip, maliyeti düşük ve çevre dostu sistemlerin kullanılması zaruridir. Tüm bunlar dikkate alındığında kullanılacak seçici katalizörün önemi çok büyüktür. Nitrobenzenin aniline dönüşüm tepkimesinde Ru, Pd, Pt [14, 15] gibi değerli metallerden oluşan katalizörler tercih edilmekle birlikte daha ekonomik olan Ni, Co, Cu, vb. katalizörleri de yaygın olarak kullanılmaktadır [16, 17].

Bu araştırma kapsamında, farklı bir fonksiyonel çevreye sahip bir Nikel-İmin kompleksi sentezlendi [18]. Sentezlenen bu kompleks Grafenoksit üzerine tutturularak yeni bir destekli metal kompleksi (Ni-Im@GO**)** elde edildi. Sentezlenen Grafen oksit destekli-Nikel kompleksinin yapısı farklı spektroskopik ve mikro analiz teknikleri kullanılarak aydınlatıldı. Elde edilen Grafen oksit destekli Ni-İmin kompleksi nitrobenzen ve nitrobenzen türevi seçilen bazı bileşiklerinin hidrojenasyon tepkimelerinde katalizör olarak kullanıldı. Tepkimenin ilerleyişi ve dönüşümü gaz kromatografisi kullanılarak açıklandı. Grafen oksit destekli-Nikel kompleks katalizörünün kullanıldığı bu tepkimelerde yüksek bir aktivite göstermiştir. Nitrobenzen hidrojenasyonla % 100 aniline dönüşürken diğer substratlar ise % 88 ile % 100 arasına bir dönüşüm gerçekleştirmiştir.

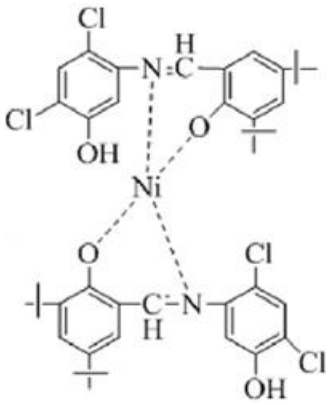
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Katalizör Sentezi

2.1.1. Ni-İmin kompleksinin sentezi

30 mL etilalkol çözücüsü içindeki 1 mmol 5-Amino-2,4-diklorofenol-3,5-ditertbutilsalisilaldimin ligandının üzerine 10 mL etilalkol de çözünmüş olan 0.5 mmol $NiCI_2$ tuzu ilave edildi. Karışım 4 saat reflaks edilerek süzüldü. Daha sonra sentezlenen kompleks metanolde kristallendirildi. Sentezlenen Nikel-Imin kompleksinin yapısı **Görsel 3.** de verilmiştir.



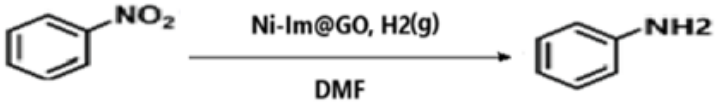
Görsel 3. Sentezlenen Nikel-İmin kompleksinin yapısı

2.1.2. Grafen oksit destekli Ni-İmin (Ni-Im@GO) katalizörünün sentezi

Grafen oksit destekli Ni-İmin (Ni-Im@GO) katalizörü, Grafen oksit ile 5-Amino-2,4-diklorofenol-3,5-ditertbutilsalisilaldimin-Ni-İmin kompleksinin [18] mekanik olarak karıştırılarak etilalkol içerisinde çözünmesi sonucu hazırlandı. Elde edilen Ni-Im@GO destekli kompleks süzüldükten sonra kurutuldu ve sonrasında yapı analizi gerçekleştirildi.

2.2. Katalitik Hidrojenasyon Yöntemi

Hidrojenasyon reaksiyonları 100 mL lik basınçlı reaktöre eklenen nitrobenzenin DMF de çözünerek ve içeresinden hidrojen gazı geçirilmesiyle ve 5 mg Grafen oksit destekli-Nikel-İmin katalizörünün eklenmesiyle 25, 45ve 65 ℃ sıcaklıkta ve 1 atm basınç altında gerçekleştirilmiştir (**Görsel 4**). Ayrıca aynı deneyler desteksiz saf Nikel-İmin katalizörü kullanılarak da yapıldı ve iki katalizörün aktiviteleri karşılaştırıldı. Substratların donuşumu belirli zaman aralıklarında ölçülerek katalizörün aktivitesi belirlendi.



Görsel 4. Ni-Im@GO Katalizörlüğünde Nitrobenzenin Hidrojenasyon Tepkimesi

Grafen oksit destekli-Nikel-İmin katalizörünün nitrobenzenin aniline dönüşümündeki aktivitesi zamana bağlı olarak incelendi. H_2 gazının reaksiyon ortamına gönderilmesiyle nitrobenzenin aniline dönüşümü ve reaksiyonun ilerleyişi gaz kromatografisi (GC) ile takip edilerek tanımlandı. Sonraki adımda aynı reaksiyon koşullarında desteksiz saf Nikel-Imin katalizörü kullanılarak nitrobenzenin indirgenme tepkimeleri test edildi ve 25 ℃ 45 ℃ de desteksiz katalizörün dönüşümü daha uzun sürelerde (% 94 ve % 99 dönüşümle) tamamladığı kaydedildi. 65 ℃ de ise % 100 dönüşümle ve Grafen oksi destekli katalizöre göre daha uzun sürede anilin meydana geldiği gözlemlendi (**Çizelge 1**). Deneysel olarak tükenen H_2 gazının hacminin zamana bağlı değişimi gözlemlenerek veriler hesaplandı. Elde edilen veriler doğrultusunda Grafen oksit destekli-Nikel-İmin (Ni-Im@GO) katalizörünün nitrobenzen hidrojenasyonunda yüksek bir aktivite göstererek nitrobenzeni tamamen aniline dönüştürdüğünü söylemek mümkündür.

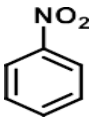
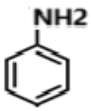
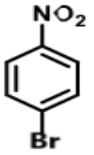
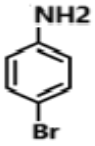
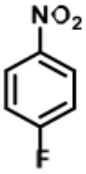
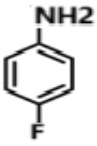
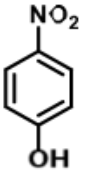
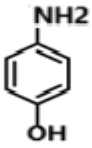
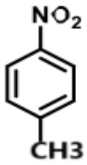
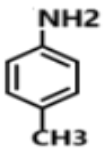
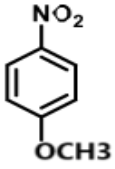
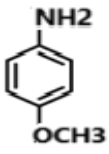
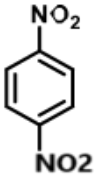
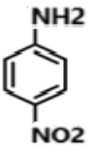
Çizelge 1. Grafen oksit destekli-Nikel kompleks (Ni-Im@GO) katalizli nitrobenzenin hidrojenasyon tepkimesinde elde edilen deneysel sonuçlar

Katalizor	Sıcaklık	Zaman	Donuşum (%)
Ni-Im	25 ℃	113 dk	94
Ni-Im	45 ℃	91 dk	99
Ni-Im	65 ℃	75 dk	100
Ni-Im@GO	25 ℃	72 dk	100
Ni-Im@GO	45 ℃	56 dk	100
Ni-Im@GO	65 ℃	36 dk	100

Nitrobenzenin katalitik hidrojenasyon reaksiyonu tamamlandıktan sonra Ni-Im@GO katalizörünün etkinliğini aynı reaksiyon şartlarında farklı nitrobenzen türevi substratlar 4-Bromonitrobenzen, 4-Floronitrobenzen, 4-nitrofenol, 4-metoksinitrobenzen, 4-nitronitrobenzen) kullanarak da test edildi. Deneysel sonuçlara göre Ni-Im@GO katalizörü; kullanılan 6 farklı substratın hidrojenasyon tepkimeleri sonucunda sırasıyla % 99, % 96, % 100, % 100, % 91 ve % 88 dönüşümlerle tepkimeleri tamamlamış ve karşılık gelen doymuş yapıların

(4-Bromoanilin, 4-Floroanilin, 4-idroksianilin, 4-metilanilin, 4-metoksianilin, 4-nitroanilin) oluşumunu daha kısa sürede gerçekleştirmiştir (**Çizelge 2**).

Çizelge 2. Ni-Im@GO katalizörünün farklı nitrobenzen türevlerinin hidrojenasyon reaksiyonundaki aktivitesi

Substrat	Ürün	Dönüşüm (%)
		100
		99
		96
		100
60 		100
61 		91
62 		88

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, farklı fonksiyonel çevreye sahip bir Nikel-İmin kompleksi sentezlendi. Sentezlenen bu kompleks Grafen oksit üzerine tutturularak yeni bir destekli metal kompleksinin (Ni-Im@GO) eldesi amaçlandı. Sentezlenen Grafen oksit destekli-Nikel-İmin bileşiğinin yapısı farklı spektroskopi ve mikro analiz teknikleri kullanılarak aydınlatıldı.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Sentezlenen destekli Ni-İmin kompleksi (Ni-Im@GO) nitrobenzen ve türevlerinin hidrojenasyon tepkimelerinde katalizör olarak kullanıldı. Tepkimenin ilerleyişi ve dönüşümü gaz kromatografisi kullanılarak tanımlandı. Elde edilen Grafen oksit destekli Ni-İmin kompleksi nitrobenzen ve nitrobenzen türevi seçilen bazı bileşiklerinin hidrojenasyon tepkimelerinde katalizör olarak kullanıldı. Tepkimenin ilerleyişi ve dönüşümü gaz kromatografisi kullanılarak açıklandı. Nitrobenzen hidrojenasyonla % 100 aniline dönüşürken diğer substratlar ise % 88 ile % 100 arasına bir dönüşüm gerçekleştirdiği kaydedildi. Ayrıca; Grafen oksit destekli Ni-İm katalizörünün, desteksiz Ni-İm katalizörüne göre daha yüksek tepkime hızlarına sahip olduğunu ve her üç sıcaklıkta da dönüşümü tamamlayarak anilini daha kısa sürede oluşturduğunu söyleyebiliriz. Bununla birlikte tükenen H_2 gazının hacminin farklı sıcaklık değerleriyle birlikte değiştiği gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artması indirgenme reaksiyonunun süresini kısalırken reaksiyon hızı da arttırmıştır. Deneysel tüm sonuçlar dikkate alındığında Grafen oksit destekli Nikel-İmin (Ni-Im@GO) kompleksinin bu tepkime için uygun bir katalizör olduğunu ve çeşitli nitroaren bileşiklerinin hidrojenasyon tepkimelerinde yüksek aktivite gösterdiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKÇA

1. Nerı G., Rızzo G., Luca L., Donato A., Musolıno M., G., Pıetropaolo R., Supported Pd catalysts for the hydrogenation of campholenic aldehyde: Influence of support and preparation method, Appl. Catal. A: General, 356,113-120, 2009.
2. Kilinc D., Aromatik aminler temelinde salisilaldiminlerin ve Pd (II) metal komplekslerinin sentezi, spektral ve katalitik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
3. Anjalin M., Kanagathara N., Suganthi A.B., A brief review on aniline and its derivatives, Materials Today: Proceedings, 33, 4751-4755, 2020.
4. Bena L.C. Investigations into the asymmetric reduction of ketones M.S. thesis, University of Port Elizabeth, Port Elizabeth, South Africa 2003.
5. Duckett Simon B., Newell Connie L., Eisenberg R., Observation of New Intermediates in Hydrogenation Catalyzed by Wilkinson's Catalyst, $RhCl(PPh_3)_3$, Using Parahydrogen-Induced Polarization, Journal of the American Chemical Society, 116, 10548-10556, 1994.
6. K. Wilson, Green chemistry and catalysis, Appl. Organomet. Chem., 21, 1002, 2007.
7. Pan X.Y., Gao X., Chen X.X., Lee H.N., Liu Y., Withers R. L., Yi Z.G, Design Synthesis of Nitrogen-Doped TiO_2@Carbon Nanosheets toward Selective Nitroaromatics Reduction under Mild Conditions, ACS Catal., 7, 6991-6998, 2017.
8. Huang H.G., Wang X.G., Li X., Chen C.J., Zou X.J., Ding W.Z., Lu X.G, Highly chemoselective reduction of nitroarenes over non-noble metal nickel-molybdenum oxide catalysts, Green Chem., 19, 809-815, 2017.
9. Wolfe P., Wagaw S., Marcoux J.F., Buchwald S.L., Rational Development of Practical Catalysts for Aromatic Carbon−Nitrogen Bond Formation, Acc. Chem. Res., 31, 805-818, 1998.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

10. Feng J., Handa S., Gallou F., Lipshutz B.H., Safe and Selective Nitro Group Reductions Catalyzed by Sustainable and Recyclable Fe/ppm Pd Nanoparticles in Water at Room Temperature, Angew. Chem., Int. Ed., 55, 8979-8983, 2016.

11. Chen X.D., Shen K., Ding D.N., Chen J.Y., Fan T., Wu R.F.., Li Y.W. Solvent-driven selectivity control to either anilines or dicyclohexylamines in hydrogenation of nitroarenes over a bifunctional Pd/MIL-101 catalyst. Acs Catal, 8, 10641-10648, 2018.

12. Wang H., Shi F., Pu M., Lei M. Theoretical study on nitrobenzene hydrogenation by N-doped carbon-supported late transition metal single-atom catalysts, ACS Catal., 12, 11518-11529, 2022.

13. Couto C. S., Madeira L. M., Nunes C. P., Araújo P. Commercial catalysts screening for liquid phase nitrobenzene hydrogenation, Appl. Catal.A-Gen., 522, 152-164, 2016.

14. Kim A., Rafiaei S.M., Abolhosseini S., Shokouhimehr M. Palladium nanocatalysts confined in mesoporous silica for heteroge- neous reduction of nitroaromatics, Energy Environ. Focus, 4, 18-23, 2015.

15. Hamza M.F., Guibal E., Althumayri K., Wei Y., Eid A.M., Fouda A. Poly-condensation of N-(2-acetamido)-2-aminoethanesulfonic acid with formaldehyde for the synthesis of a highly efficient sorbent for Cs(I), Chem. Eng. J., 454, 140155, 2023.

16. Huang L., Lv Y., Wu S., Liu P., Xiong W., Hao F., Luo H.A. Activated carbon supported bimetallic catalysts with combined catalytic effects for aromatic nitro compounds hydrogenation under mild conditions, Appl. Catal. A, 577, 76-85 2019.

17. Li M., Chen S., Jiang Q., Chen Q., Wang X., Yan Y., Liu J., Lv C., Ding W., Guo X. Origin of the activity of Co-N-C catalysts for chemoselective hydrogenation of nitroarenes, ACS Catal., 11, 3026-3039, 2021.

18. Kılınc D., Sahin O. Synthesis of polymer supported Ni (II)-Schiff Base complex and its usage as a catalyst in sodium borohydride hydrolysis, Int. J. Hydrogen Energy, 43, 10717-10727, 2018.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TİCARİ ARAÇ KOLTUKLARINDA YAPISAL İYİLEŞTİRME VE HAFİFLETME ÇALIŞMASI

STRUCTURAL IMPROVEMENT AND LIGHTENING STUDY ON COMMERCIAL VEHICLE SEATS

MEHMED EMRE KÜÇÜKKAYA [1], EMRE ORUÇ [1], Doç. Dr. AHMET YILDIZ [2]

[1] ISRINGHAUSEN, Dosab, mekucukkaya@isri.com.tr - ORCID ID: 0009-0007-2659-5945

[2]Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Böl.

ahmetyildiz@uludag.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-5434-4368

ÖZET:

Bu çalışmada hafif ticari araçlarda kullanılan koltukların ECE-R14 standartlarında yapısal tasarım iyileştirmeleri gerçekleştirilmiş ve daha düşük maliyetli ve daha hafif koltuk tasarımları elde edilmiştir. Araç kategorine göre M2 sınıfından kullanılmak üzere tasarlanmış bir yolcu koltuğunun ilk önce mevcut durumu ECE-R14 testi ile analiz edilmiş ve belirlenen bölgelerde tasarımsal değişikliklere gidilerek daha mukavemetli bir yapıya dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Yeni tasarımda yapılan değişiklik sonucunda üretimi gerçekleştirilen koltuğun yeniden ECE-R14 testleri yapılarak daha mukavemetli bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Önceki tasarımda koltuğun H yapısında elde edilen 358 mm'lik maksimum şekil değişikliği potansiyometre üzerinden okunan değer, yeni hafifletilmiş ve güçlendirilmiş koltuk üzerinde maksimum 253 mm olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde koltuk üzerinde %2.51 lik bir hafifletme gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada yolcu koltuklarında daha mukavemetli ve daha hafif bir koltuk tasarımı elde edilerek üretici firmalara yönelik önemli sonuçlar paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Koltuk, Yapısal İyileştirme , Hafifletme

1.GİRİŞ

Otomotiv sektöründe son yıllarda binek ve ticari araç üreticileri yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik hafifletme çalışmaları yapmaktadır. Ticari araçlarda ve binek araçlarda yeni GSR 2 geçişiyle birlikte ağırlık problemleri yaşanmaktadır. Bu kapsamda hafif ticari M2

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

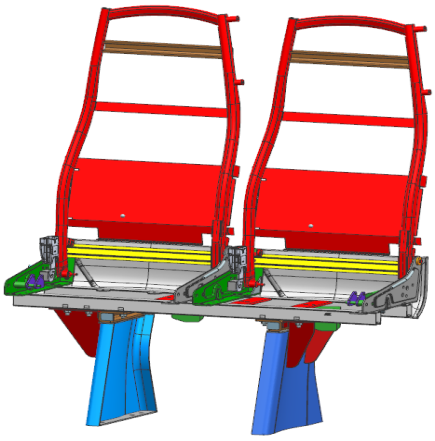
kategorisindeki araçlarda 5 tonu aşmayacak şekilde ve sürücü dışında minimum 8 yolcu taşıyabilen araçlardır [1]. M2 sınıfı servis ve okul taşıtlarında yolcu sayısının fazla olması ve GSR geçişinden dolayı araçlara yeni opsiyonların eklenmesiyle birlikte ağırlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte koltuk üreticisi firmalar konfordan ödün vermeden regülasyon gerekliliklerini sağlayarak görsel açıdan müşteriye ve son kullanıcıya hitap edebilecek yeni tasarımlara yönelmiştir. Yeni koltuk tasarımlarıyla birlikte optimizasyonlar büyük önem kazanmıştır [2]. Yapılan bu çalışmalar neticesinde enerji ve yakıt tasarrufunda önemli bir etkiye sahiptir. Taşıt sistemlerinin enerji verimliliği ve performans iyileştirmeleri için çeşitli optimizasyon yöntemleri bulunmaktadır [3-7]. Ticari araçlarda hafifletme, çeşitli mühendislik analizleri ve malzeme seçimleriyle gerçekleştirilebilir. Araçların yapısal tasarımı, ağırlık azaltma konusunda kritik bir öneme sahiptir. CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve FEA (Sonlu Elemanlar Analizi) gibi yöntemlerle, araçların daha az malzeme ile daha sağlam hale gelmesi sağlanabilir. Malzeme Optimizasyonu ile yapısal tasarımda FEA ve CAD analizler sonucunda dayanıklılığı etkilemeden malzemede hafifletme yapılabilir ve ayrıca topoloji optimizasyonu ile malzeme mukavemetine etki etmeden optimum tasarımlar elde etmek mümkündür [8-11] .

Bu çalışmada hafif ticari araçlarda kullanılmak üzere tasarlanan koltuk gövdesinin hafifletme ve mukavemeti arttırılma çalışmaları yapılmıştır. İlk olarak önceki tasarımlarda kullanılan koltuk gövdesinin testlerinde elde edilen şekil değiştirmelerin fazla olduğu bölgeler tespit edilmiş ve bunu azaltmak için yeni bir tutamak sacı tasarlanmıştır. Bununla birlikte yan traversler üzerinde destek amacıyla kullanılan miller ve profiller arasında kullanılan destek sacının kalınlığı azaltılmış ve bir adet destek sacı da bu bölgeden hafifletmek üzere kaldırılmıştır. Yapılan deneysel testlerin sonucunda sırt yapısında mukavemetin arttırılarak 358 mm olan şekil değişikliğinin 253 mm ye düşürüldüğü tespit edilmiştir. İkili koltuk ağırlıkları ele alındığında toplamda %2.51 bir hafifletme sağlanmıştır.

KOLTUK İLK TASARIM MODELİ

Hafif ticari araçlarda kullanılmaya yönelik mevcut ilk tasarım Şekil 1'de verilmiştir.

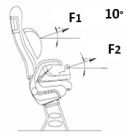
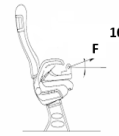
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 1. Ticari araçlarda kullanılan koltuk modeli

İlk tasarım modeli Şekil 2'de verilen ve uluslararası standartlarda ECE-R14 ismiyle geçen M2 sınıfı koltuk için emniyet kemerli çekme testlerine tabi tutulmuştur.

R14 Testleri Özet Tablosu

		Max 8+1 kişilik araçlar	Min. 9+1 yolcu, max. beş tonluk araçlar	Min. 9+1 yolcu, ve min. beş tonluk araçlar
3 Nokta Emniyet Kemeri		**M1**	**M2**	**M3**
	**F1**	1350 ± 20 daN	675 ± 20 daN	450 ± 20 daN
	F2	1350 ± 20 daN+G*20	675 ± 20 daN+G*10	450 ± 20 daN+G*6.6
		Koltuk ağırlığının 20 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır. F1=1350 ± 20 daN F2=1350 ± 20 daN +G*20 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)	Koltuk ağırlığının 10 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır. F1=675 ± 20 daN F2=675 ± 20 daN +G*10 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)	Koltuk Ağırlığının 6.6 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır. F1=450 ± 20 daN F2=450 ± 20 daN +G*6.6 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)
2 Nokta Emniyet Kemeri		**M1**	**M2**	**M3**
	**F**	2225 ± 20 daN+G*20	1110 ± 20 daN+G*10	740 ± 20 daN+G*6.6
		Koltuk ağırlığının 20 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır. F=2225 ± 20 daN +G*20 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)	Koltuk ağırlığının 10 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır F=1110 ± 20 daN +G*10 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)	Koltuk Ağırlığının 6.6 katı komple koltuğa ilave yük olarak uygulanır. F=740 ± 20 daN +G*6.6 (Yukarıda belirtilen kuvvetler en az 0,2 saniye uygulanmalıdır.)
		G : Tek Koltuk ağırlığı (Newton) daN : 10 Newton 1 kg ≤1 daN İkili koltukta G yerine Toplam koltuk ağırlığının yarısı girilir.		

Şekil 2. ECE-R14 Test Gereksinimleri

Şekil 3'de M2 sınıfı ticari araç koltuğunun çekme testleri öncesi deney düzeneğinin koşulları koltuğun çekme noktaları ve bağlantı durumu görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 3. İlk modelin test öncesi deney koşulları

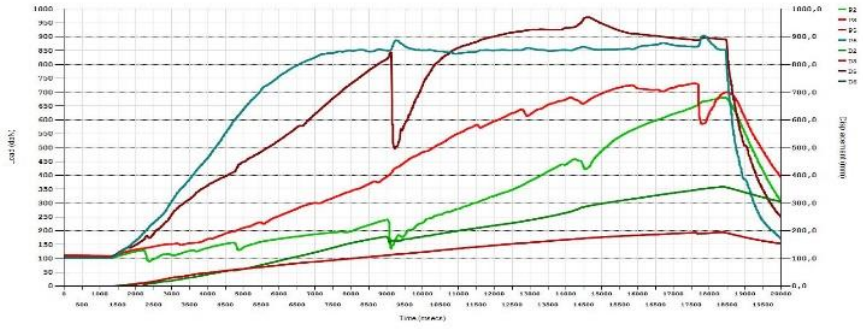
Yapılan deneyler sonucunda testten sonraki koltuk yapısı Şekil 4'te görüldüğü elde edilmiştir. Burada elde edilen sonuçların regülasyon da istenilen değerleri sağlayıp sağlamadı kontrol edilmiş ve testlerin başarılı bir şekilde tamamlanma durumu incelenmiştir.



Şekil 4. Test Sonrası ilk modelin deneysel analizi

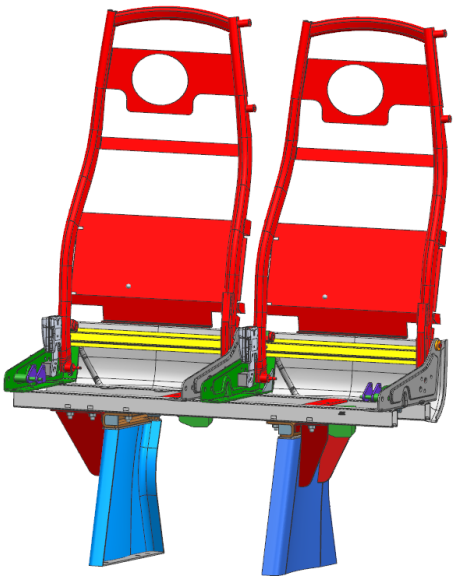
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Deneysel test koşulları ve test öncesi ve sonrası olarak koltuğun durumu Şekil 3 ve Şekil 4 de değinilmiştir. Koltuğun test esnasındaki çekme değerleri ise Şekil 5 de verilmiştir.



Görsel 5. İlk modelin deneysel çekme testleri sonuçları

Fiziksel testler sonucunda potansiyel metre üzerinden ölçülen değerlerde maksimum 358 mm ilerleme görülmektedir. Koltuk H noktası üzerinden yapılan hesaplamalar sonucunda Regülasyonları sağlaya bilmesi için maksimum ilerlemenin 370 mm olması gerekmektedir. Sonuçlar ve koltuk yapısı incelendiğinde Regülasyonları sağlayarak test başarılı olarak görülmüştür.

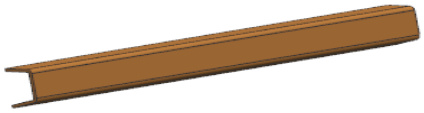
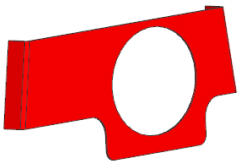
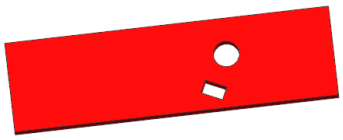
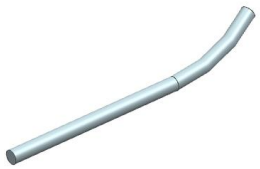


Şekil 6. Hafifletilmiş ve güçlendirilmiş yeni tasarlanan koltuk gövde yapısı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

İlk test sonuçları neticesinde gövde modeli üzerinde 3 numaralı travers destek milleri, 2 numaralı emniyet kemer sacı çıkartılmıştır. Sırt üzerinde mukavemetin arttırılması hedeflendiğinden 1 numaralı tutamak sacında tasarım değiştirilmiştir. Temel olarak değiştirilen gövde parçaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Değişen parça tasarımları

	Eski Tasarım	Yeni Tasarım
1		
2		

Hazırlan yeni tasarıma göre üretilen koltuk tekrar aynı şekilde ECE-R14 standartlarında Şekil 7'de görüldüğü gibi testlere hazırlanmıştır.



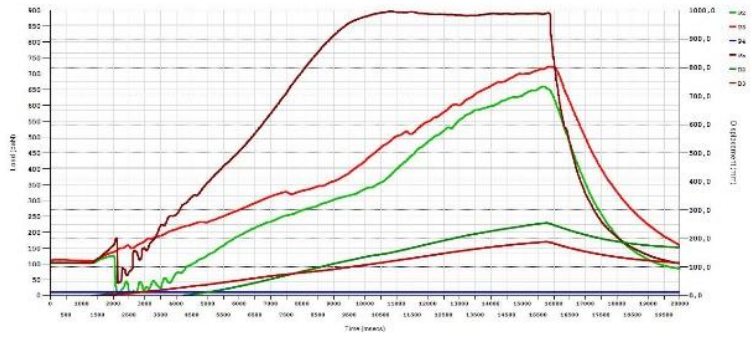
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Şekil 7. Hafifletilmiş ve güçlendirilmiş koltuğun test öncesi yeni görseli



Şekil 8. Hafifletilmiş ve güçlendirilmiş koltuğun test sonrası durumu

Deneysel test koşulları ve test öncesi durum Şekil 7'de test sonrası koltuğun durumu Şekil 8 te verilmiştir. Fiziksel testler sonucunda yeni güçlendirilmiş koltuğun potansiyel metre üzerinden ölçülen değerlerde maksimum 253 mm şekil değişikliğine sahip olduğu görülmektedir. Koltuk H noktası üzerinden yapılan hesaplamalar sonucunda regülasyonları sağlayabilmesi için maksimum ilerlemenin 370 mm olması gerekmektedir. Şekil 9'da verilen deneysel sonuçlar ve koltuk yapısı incelendiğinde yeni tasarlanan koltuğun regülasyonları sağlayarak başarılı şekilde testlerden geçtiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de karlılaştırmalı olarak da verilmiştir.



Şekil 9. Yeni tasarımıma ait deneysel çekme test sonuçları

Tablo 2. Eski ve yeni tasarıma ait test sonuçlarının karşılaştırılması

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Eksi Tasarım	Yeni Tasarım
Maksimum Yer değiştirme	358 mm	253 mm
Maksimum Kuvvetler	850 daN	850 daN
Ağırlıklar	30.05 kg	29.35 kg

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada hafif ticari araçlarda kullanılmak üzere tasarlanan koltuk üzerinde hafifletme ve mukavemeti arttırılmak adına yapısal iyileştirilmeler yapılmıştır. İlk olarak eski projelerde kullanılan koltuk üzerinde yapılan testlerde deformasyonun fazla olduğu bölgelerde yeni tasarlanan tutamak sacı kullanılmıştır. Bununla birlikte yan traversler üzerinde destek amacıyla kullanılan miller ve profiller arasında kullanılan destek sacının kalınlığı azaltılmış 1 adet destek sacı da çıkartılmıştır. Yapılan testlerin sonucunda sırt yapısında dayanım arttırılarak 358 mm olan ilerleme 253 mm ye düşürülmüştür. İkili koltuk ağırlıkları ele alındığında %2.51 bir hafifletme sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

1) https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090214-3.htm (Erişim tarihi: 23.12.2023)
2) Kucukkaya M.E (2023) Hafif Ticari Arac Koltuklarında Kulanılan Ayak Bağlantısının Yapısal Analizi ve Optimizasyonu, ABANT 2nd International Conference On Current Scientific Researches, 2023, Bolu-Türkiye
3) Yildiz, A., Yilmaz, Ö., & Karabulut, H. (2022). Structural design optimization of the arc spring and dual-mass flywheel integrated with different optimization methods. Materials Testing, 64(2), 240
4) Yildiz, A. (2021). Parametric synthesis of two different trunk lid mechanisms for sedan vehicles using population-based optimisation algorithms. Mechanism and Machine Theory, 156, 10413
5) Yildiz, A. (2019). A comparative study on the optimal non-linear seat and suspension design for an electric vehicle using different population-based optimisation algorithms. International Journal of Vehicle Design, 80(2-4)
6) Spillers, W. R., & MacBain, K. M. (2009). Structural optimization. Springer Science & Business Med
7) Lin, Y. C., & Nian, H. C. (2006). Structural design optimization of the body section using the finite element method (No. 2006-01-0954). SAE Technical Paper.
8) Bendsoe, M. P., & Sigmund, O. (2003). Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Med
9) Kütük, M.A., Göv, İ, (2013) A finite element removal method for 3D topology optimization, Advances in Mechanical Engineering 5, 413463
10) Yang R.J., Chuang ve C.H. (1993) Optimal topology design using lineer programming, Structural Optimization,Vol.68, p.265-29
11) Kahraman, F. & Küçük, M. (2020). Otomotiv Endüstrisinde Topoloji Optimizasyonu ile Ağırlık Azaltma Uygulaması Üzerine Bir Araştırma. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (20), 623-631.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INSIGHT INTO THE POTENTIAL EFFECTS OF NANOPESTICIDES ON THE BLOOD-BRAIN BARRIER BY MOLECULAR DOCKING

Araş. Gör. Dr. Ayşe YENİLMEZ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
ayseyenilmez@yyu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0200-9052

Araş. Gör. Dr. Serap DEMİREL
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
serapdemirel@yyu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-1877-0797

ABSTRACT

The excessive application of pesticides and fertilizers to enhance yields is inefficient, as a significant portion is squandered and detrimental to both the environment and human health. The progression of technology has led to an increased utilization of nanopesticides and nanofertilizers to diminish reliance on mineral fertilizers, enhance yields, and foster agricultural development. Considering the size, surface area and other physicochemical structures of nanoparticles, their large-scale release into the environment and food chain opens the door to another dimension of environmental pollution and may pose risks to human health. This study aimed to elucidate the interaction between certain nanopesticides and certain proteins in the blood-brain barrier by molecular docking analysis, given the capacity of nanoparticles to traverse this barrier, as indicated in the literature. The molecular docking results of three protein and five ligand indicated that the maximum autodocking value of -7.7 k/cal-1 was recorded for the interaction between dystroglycan and pyrethrin, whereas the interaction between dystroglycan and zineb yielded the lowest docking score of -3.6 k/cal. Upon examining the interaction between the ligands of the claudin protein, no bond formation was seen between zineb, glyphosate and cypermethrin. No interaction was identified between zineb, glyphosate, and cypermethrin when fibromodulin was evaluated. Dystroglycan established varying affinities for all ligands, reflected in distinct scores. The present research illustrates in silico the molecular interactions between nanopesticides and proteins within the blood-brain barrier, indicating that various nanoparticles can engage with distinct molecules. This research will illuminate forthcoming in vivo and in vitro investigations on this topic.

Keywords : Nanotechnology, nanopesticide, human health, molecular docking

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

A relatively new discipline, nanobiotechnology investigates the chemical and physical characteristics of nanostructured materials with dimensions of less than 100 nm and wide-ranging possible uses (Conde et al., 2014). Numerous industries stand to benefit from nanostructured materials, including those dealing with industrial materials, healthcare, nutrition, clothing, cosmetics, electronics, energy, and emerging social and economic trends. (Parveen et al., 2012).

Access to sufficient, high-quality food that can feed people on every continent is becoming more urgent as the global population continues to rise. There has been a rise in the use of agrochemicals such as herbicides, insecticides, and fertilizers to boost agricultural output, which is linked to the demand from investors in agricultural commodities. The cyclical declines caused by the careless use of agrochemical technologies have consequences for consumers, ecosystems, and the agricultural chain as a whole, but it is imperative that governments, food producers, funding agencies, and farmers all work together to mitigate these effects (Kah and Hoffmann, 2014). Agrochemical technology is primarily designed to safeguard agricultural areas from pests (detrimental insects, pathogens, parasitic weeds) that threaten productivity and production encompassing the assessment of soil and crop health, as well as the regulation of livestock and fishery products. However, crop yields have taken a hit due to increased insect and pathogen resistance, a surge in the need for new agrochemicals, and a worsening of environmental imbalance caused by the careless use of pesticides (Yadav et al., 2020; Bombo et al., 2019). The increased total surface area of agrochemical nanoparticles enhances contact with crop pests, rendering them both effective and unpredictable. The disorganized and careless use of pesticides in farming increases the likelihood of resistance to pathogens, decreases biodiversity, and hinders nitrogen fixation, and increases the bioaccumulation of pesticides in crops, animals, and waterways. This poses a growing danger to ecosystems and human health, and it also slows down efforts to develop more sustainable farming practices (Vigneshwaran et al., 2006; Osorio-Echavarríaet al., 2021). There has recently been an increase in the investigation of a discussion of the impact that nanoparticles have on biological systems typically found in the environment (Elder et al., 2006; Kim et al., 2006). These nanoparticles (1 to 100 nm) possess unique features that are particularly advantageous for applications in commercial, medicinal, and environmental sectors (Kiyatkin et al., 2007). The vast majority of these nanoparticles are made up of transition metals, which include materials like silicon, carbon, aluminum, silver, copper, and metal oxides. Owing to their diminutive dimensions, these particles can readily traverse the blood-brain barrier (BBB) and/or compromise the integrity of the barrier by modifying endothelial cell membrane functionality (Oberdörster et al., 2004)). Despite our enhanced comprehension of blood-brain barrier (BBB) function, the impact of nanoparticles on the BBB remains predominantly unexplored (Sharma et al., 2009).

Recently, the utilization of nanotechnology for the intelligent controlled release of fertilizers and pesticides has been on the rise. While the prospects for nanopesticides in agricultural advancement appear favorable, the risk of exposure to toxic agricultural chemicals capable of traversing the blood-brain barrier and other similar biological obstacles, poses a substantial

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

concern due to the potential for irreparable harm to essential organs. It has been shown in multiple studies that nanoparticles are capable of traversing the blood-brain barrier (Hanada et al., 2014; Skalska et al., 2015; Wu et al., 2023) This work aimed to elucidate the connection between certain compounds employed as nanopesticides and specific proteins present in the blood-brain barrier by molecular docking analysis.

2. MATERIAL-METHODS

2.1. Creating the Ligand-Target and Molecular Docking of Structures

The three-dimensional structural data of the protein sequences for dystroglycan, claudin, and fibromodulin from Homo sapiens were retrieved from the Protein Data Bank (https://www.rcsb.org/) under accession numbers 8UF4, 7KP4, and 5MX0, respectively. Docking experiments utilized the acquired pdb. files as receptors. By removing unwanted ligands, metals, and ions, the target protein structure was improved using the UCSF Chimera Software. According to Pettersen et al. (2018), Demirel (2021), and Sancaktaroğlu et al. (2023), this tool can help improve compound selection procedures by displaying, profiling, and analyzing chemical libraries from various sources. These three-dimensional nanopesticide representations from literature were obtained from PubChem (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/). These ligands were used in docking research. With UCSF Chimera 1.16, Gasteiger's methodologies were employed to optimize the ligand(s) possessing a net charge of zero. We stored optimized ligands in "mol2 format" for molecular docking. The UCSF Chimera program (version 1.16) was utilized to attach selected nanopesticide chemicals against specific target proteins located in the blood-brain barrier (BBB). This tool utilizes a gradient optimization method during its local optimization phase to ascertain the ligand ranking based on empirical binding free energy (ΔG in kcal mol-1). Once the docking technique was finished, UCSF Chimera (version 1.16) was used to conduct a thorough examination and comparison of the docked sites of the target proteins and ligands.

3. RESULT AND DISCUSSION

The advancements that nanotechnology has made in plant science have not been sufficient to assess the benefits and drawbacks of the interactions between nanomaterials and the environment. These interactions include drift, toxicity, bioavailability, bioaccumulation and the safety of microecosystems in agricultural settings (Sanzari et al., 2019). The formulation of nanopesticides involves the reformulation of registered agrochemical chemicals with the goal of enhancing performance and mitigating the downsides of substances that are not technical. A thorough examination that resolves obstacles and undiscovered aspects must be comprehended the reaction of plants to engineered nanopesticides and to evaluate their toxicity.

The BBB is an specific obstacle that modulates the transit of chemicals and sustains brain homeostasis, safeguarding the brain from detrimental organisms or compounds. Notwithstanding the BBB barrier's function, certain chemicals, pharmaceuticals, and nanoparticles are able to pass through this structure and enter the brain. Endocytosis, passive diffusion, and carrier-mediated transport are all involved in this process. A large number of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

proteins have been identified as participants in transport across the blood-brain barrier (Alam et al., 2010). While BBB depends on the characteristics of brain endothelial cells (BEC), current research suggests that BEC collaborate with pericytes, neurons, and astrocytes within operational "glio- and neurovascular units (Zlokovic, 2008; Giaume et al., 2010). These interactions determine the distinctive barrier characteristics and therefore govern cerebral blood flow and barrier efficacy (Abbott et al., 2006). Our knowledge of the molecular components of metabolic and physical barriers, as well as the several transport processes that control the permeability of the blood-brain barrier, is extensive (Zlokovic, 2008; Lien et al., 2012). Nanoparticles having cationic surface charges can more easily translocate to the central nervous system due to the anionic nature of the blood-brain barrier (BBB) (Georgieva et al., 2011). Moreover, smaller nanoparticles exhibit an enhanced ability to traverse the barrier (Hanada et al., 2014). In the context of surface engineering, nanoparticles coated with polyethylene glycol (PEG) or surfactants such as polysorbates have demonstrated enhanced permeability across the blood-brain barrier (Liu et al., 2014). Various nanoparticles have been reported to traverse the blood-brain barrier and aggregate in multiple regions of the central nervous system. For example, silver nanoparticles (Ag-NP) were identified in the hippocampus of rats following oral exposure (Skalska et al., 2015). The olfactory bulb, hippocampus, striatum, cortex, cerebellum, and brainstem of rats were shown to contain iron oxide nanoparticles (Fe3O4-NP) when they were administered intranasally (Wu et al., 2013), while the olfactory bulb, the striatum, the brain, and the cerebellum were all discovered to contain manganese oxide nanoparticles (MnO-NP) (Elder et al., 2006). The olfactory bulb, cortex, cerebellum and hippocampus of mice that were given titanium dioxide nanoparticles (TiO2-NP) through the intranasal route showed signs of accumulation (Czajka et al., 2015). Moreover, rats subjected to intraperitoneal exposure to copper nanoparticles (CuO-NP) exhibited the presence of these nanoparticles in the hippocampus, cortex, amygdala, and striatum (An et al., 2012). New agricultural approaches have been made possible by mechanisms for delivery based on nanotechnology, which provide the intelligent controlled release profile of agrichemicals and fertilizers, which is essential for increasing crop output (Prasad et al., 2017). Agriculture relies on such systems to improve fertilizers and agrochemicals (Fraceto et al., 2016). Although nanopesticides show great promise for the future of agriculture, there is a risk of permanent organ damage from human exposure to dangerous agrochemicals that can cross biological boundaries. Exposure to hazardous nanopesticides, which can cause toxic and genotoxic events, is being studied by studying its effects on bulk material chemical composition and physicochemical properties like size, surface properties and electrical charge (Zielińska et al., 2020). In agriculture, nanopesticides are pesticides synthesized in nanomaterials and integrated into a matrix, attached to a hybrid substrate, or equipped with nanocarriers with added functionality to respond to environmental cues or enzyme-mediated events. Nanoparticles' shape and characteristics may explore pesticide actions in nanocarrier formulations made of lipids, silica, polymers, copolymers, metal, ceramic, carbon, and others (Agostini et al., 2012). Nanopesticides improve water solubility, bioavailability, and environmental protection, revolutionizing crop disease, weed, and insect management (Yadav et al., 2020). Nanomaterials have questionable cytotoxicity and genotoxicity. Irrational pesticide use disrupts ecosystems and endangers public health. The acute and chronic impacts of accidental or occupational

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

pesticide residue consumption from water and food are lethal or years adjusted for disability of life. Central and peripherical neurotoxicity and blood coagulation loss are significant issues (Kuhlbusch et al., 2018). A comprehensive evaluation of the advantages and disadvantages affecting the efficacy and for the approved agricultural applications of nanoparticles to progress in a safe and sustainable way, knowledge of their toxicity is crucial..

According to the research that has been conducted, the ligand conformations and binding affinities of nanopesticides that are presented in Table 1. We were able to obtain a number of positions within the target pocket that had high binding modes and interconnections; however, we chose the positions that had the highest scores (associated with pose consistency) and the highest RMSD refine values (relative to a particular pose's connection to the initial ligand position within the target pocket). Our research indicates that the dystroglycan protein of the blood-brain barrier had the most favorable docking energy with cypermethrin, attaining a Vina score of -7.7 compared to other nanopesticide chemicals. Subsequently, pyrethrin exhibited a vina score of -7.3, while diazinon recorded a vina score of -6.1. No interactions were detected in the docking analysis of the pairs claudin-zineb, fibromodulin-zineb, fibromodulin-glyphosate, claudin-cypermethrin, and fibromodulin-cypermethrin. The minimum Auto Dock Vina score was recorded between the dystroglycan protein and the nanopesticide zineb (figüre 1-9).

Table 1: Interaction analysis scores of proteins related with the blood-brain barrier with non-pesticide chemicals

Chemical compounds and blood-brain barrier protein	**Dystroglycan** PDB ID: 8UF4	**Claudin** PDB ID: 7KP4	**Fibromodulin** PDB ID: 5MX0	**References**
Zineb (PubChem ID: 5284484)	-3.7 kcal/mol and 2 H bound	No interaction found	No interaction found	Sarlak et al., 2014
Glyphosate (PubChem ID: 3496)	-4.5 kcal/mol and 4 H bound	No interaction found	No interaction found	Chen et al., 2018
Diazinon (PubChem ID: 3017)	-6.1 kcal/mol and 1 H bond	-5.1 kcal/mol and 2 H bond	-4.8 kcal/mol and 3 H bond	Yalamalle et al., 2019
Pyrethrin (PubChem ID: 5281555)	-7.3 kcal/mol and 2 H bond	-5.2 kcal/mol and 1 H bound	-6.1 kcal/mol and 2 H bond	Zhang et al., 2019
Cypermethrin (PubChem ID:2912)	-7.7 kcal/mol and 1 H bond	No interaction found	No interaction found	Patel et al., 2018

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

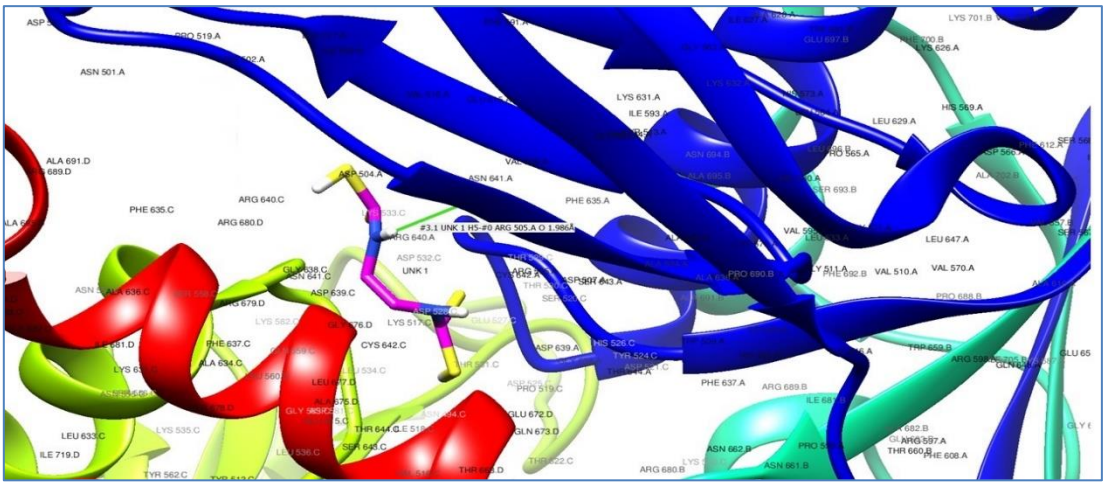


Figure 1. Dystroglycan and Zineb interactions

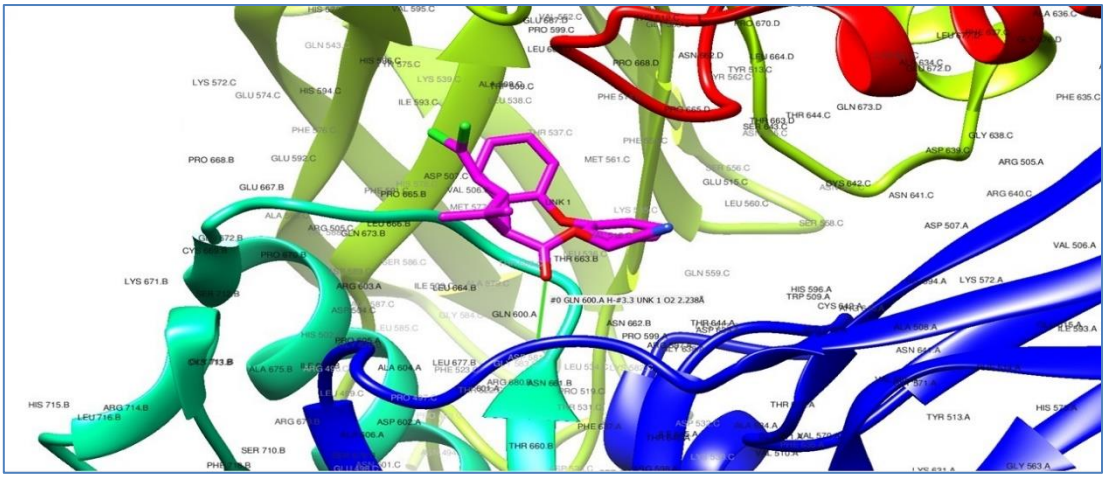


Figure 2. Dystroglycan and cypermethrin interactions

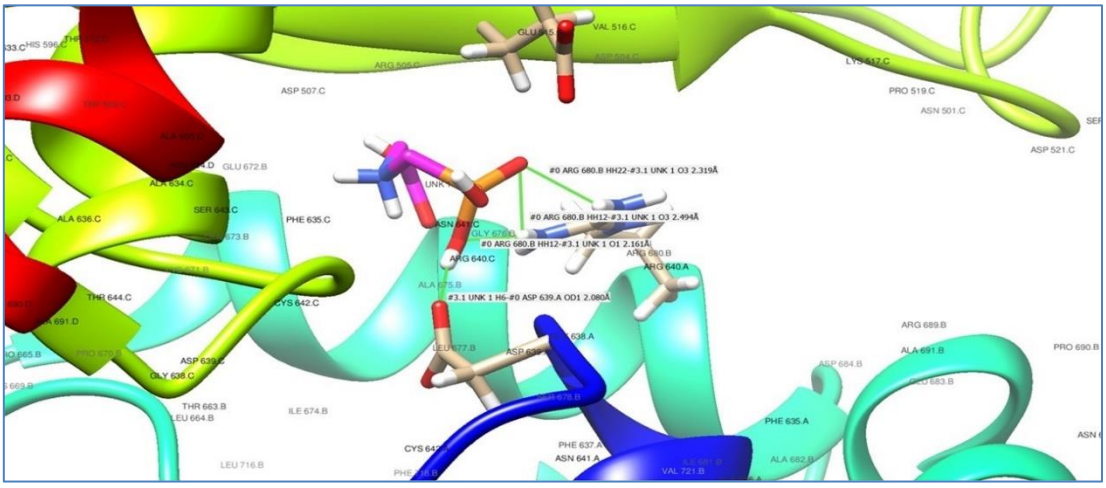


Figure 3. Dystroglycan and glyphosate interactions

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

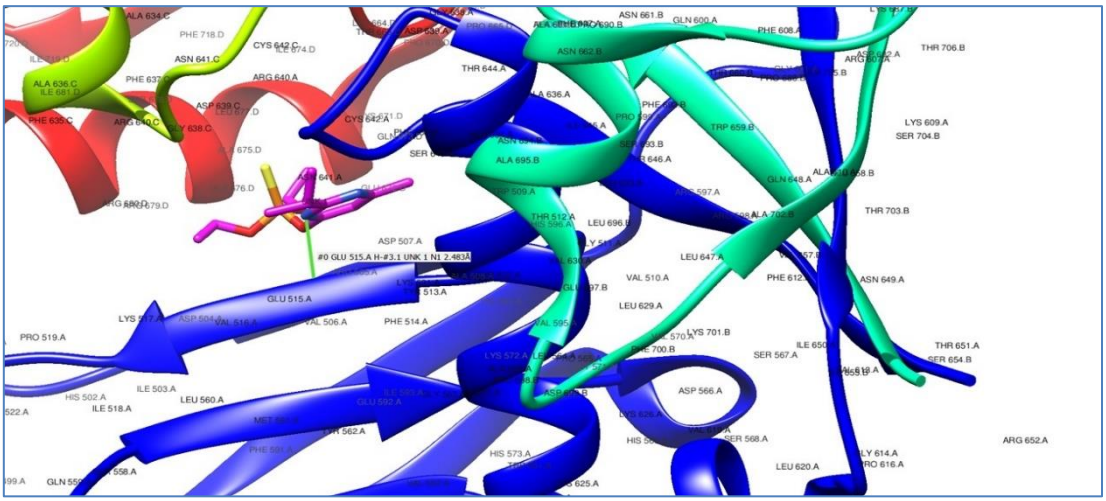


Figure 4. Dystroglycan and diazinon interactions

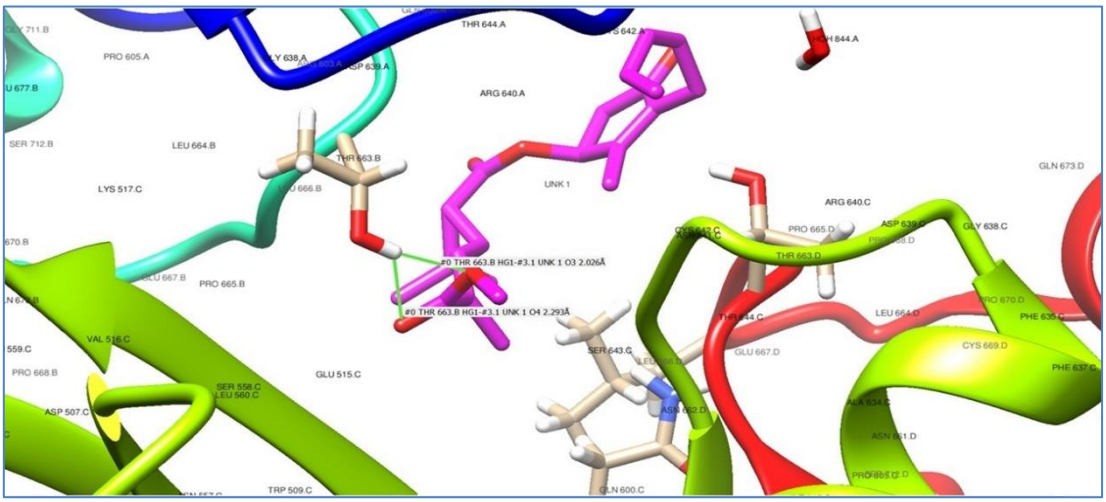


Figure 5. Dystroglycan and pyrethrin interactions

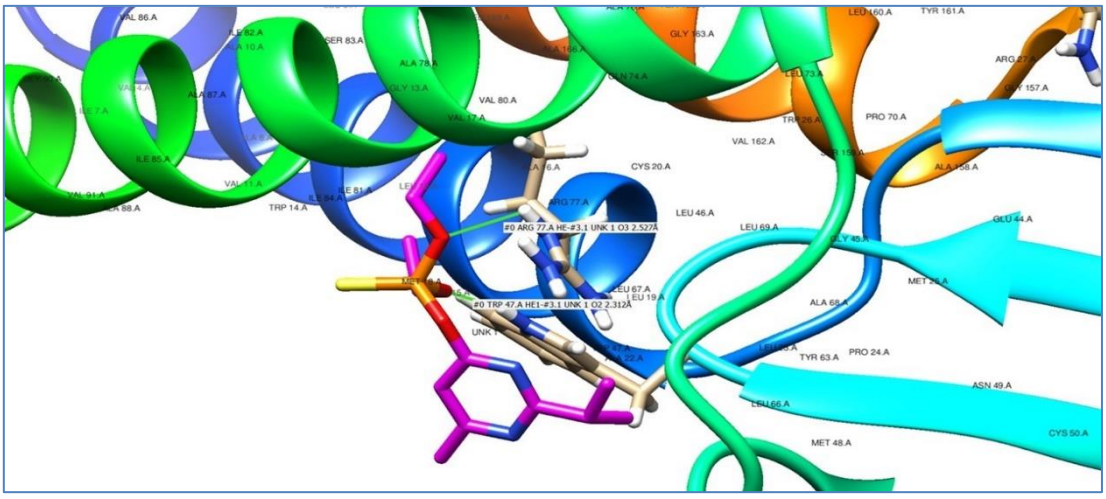


Figure 6. Claudin and diazinon interactions

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

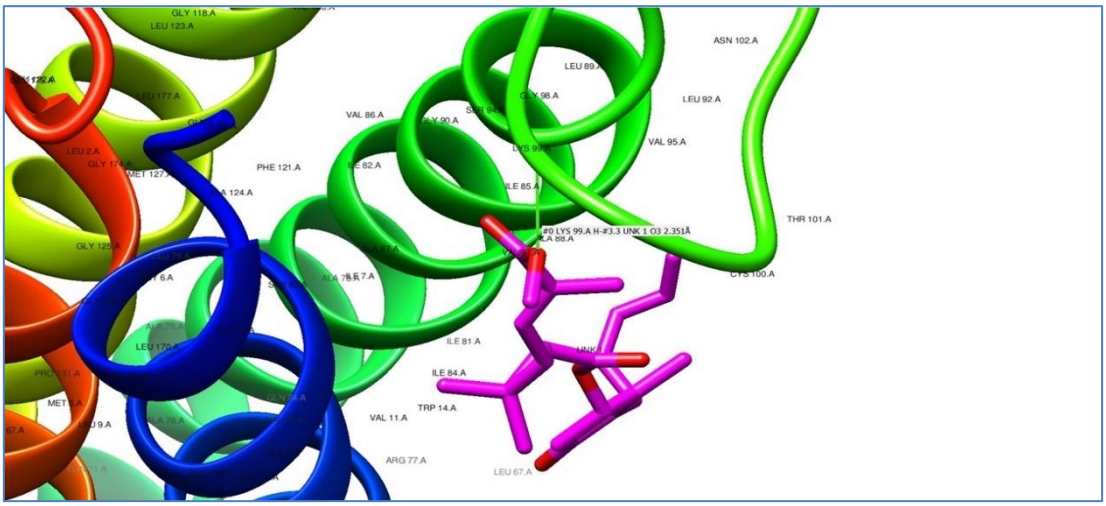


Figure7. Claudin and pyrethrin interactions

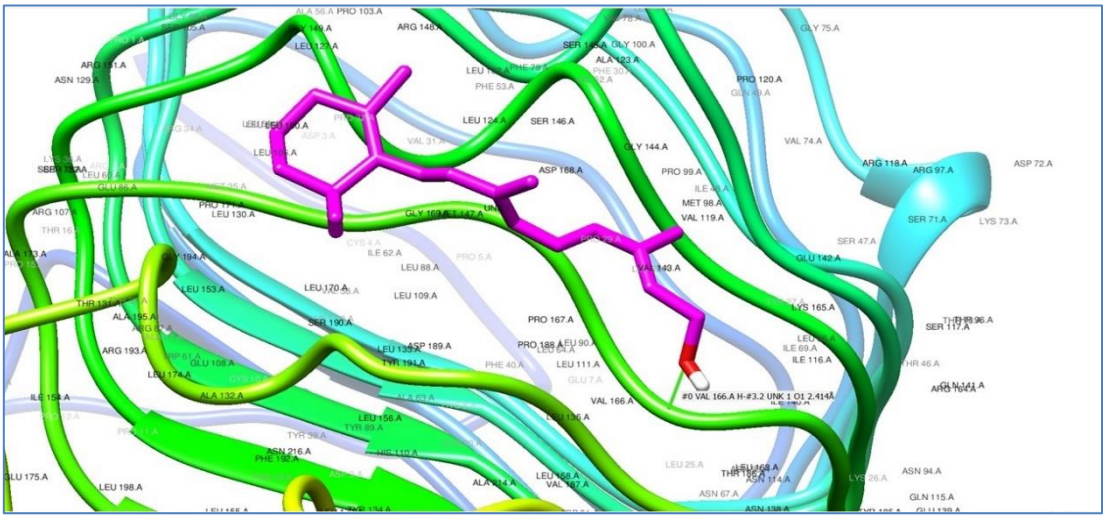


Figure 8. Fibromodulin and glyphosate interactions

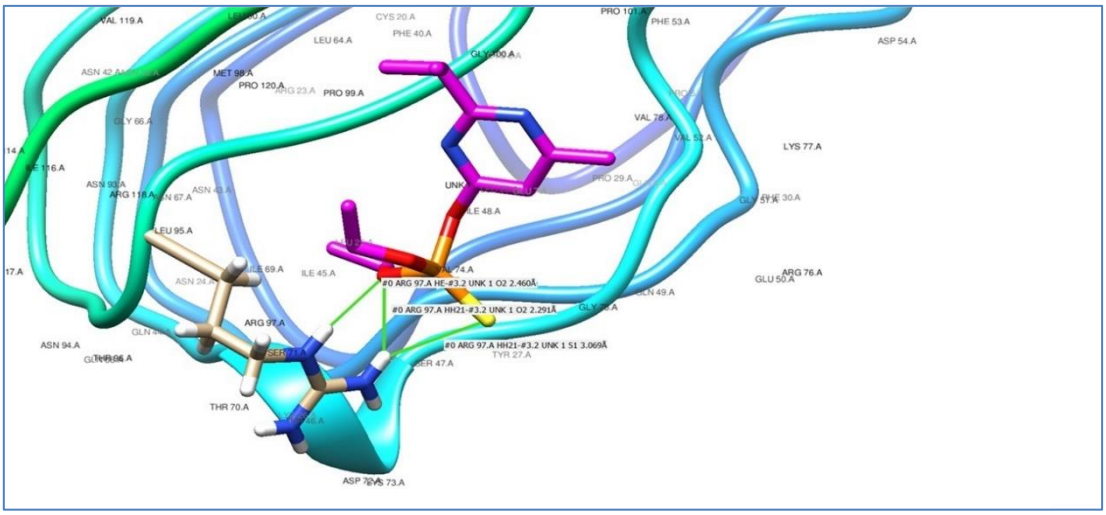


Figure 9. Fibromodulin and diazinon interactions

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

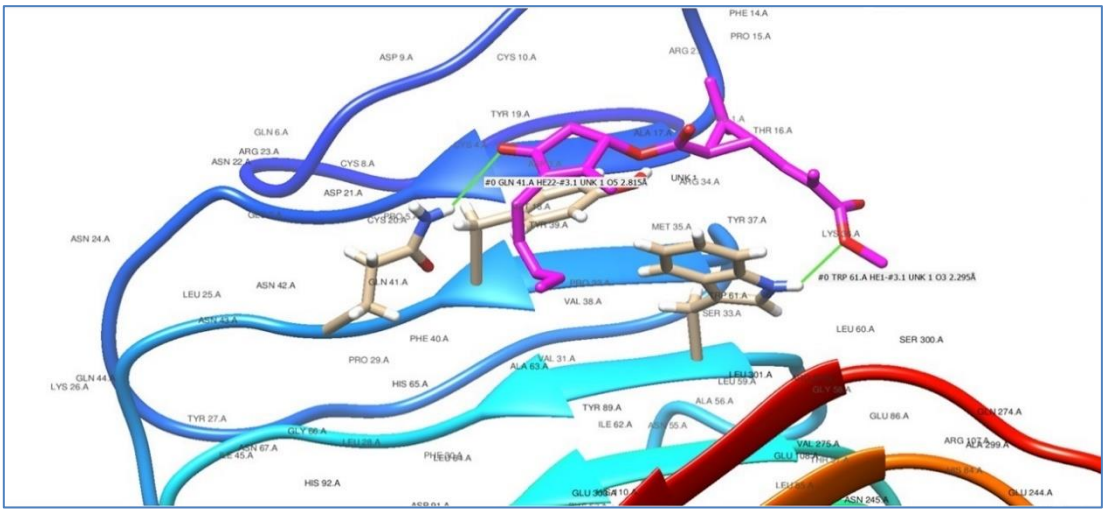


Figure 10. Fibromodulin and pyrethrin interactions

This study focused on the blood-brain barrier highlights the molecular interactions that occur between nanopesticides and proteins in a simulated environment. Additionally, the study demonstrates that different nanopesticides are capable of interacting with different molecules. The findings that were acquired from this investigation should be validated by means of a variety of other experimental experiments, as it is recommended. The current work is significant since it will throw light on future in vivo and in vitro investigations that will be conducted on this topic.

REFERENCES

Abbott, N. J., Rönnbäck, L., & Hansson, E. (2006). Astrocyte–endothelial interactions at the blood–brain barrier. Nature reviews neuroscience, 7(1), 41-53.

Agostini, A., Mondragón, L., Coll, C., Aznar, E., Marcos, M. D., Martinez-Manez, R., ... & Amorós, P. (2012). Dual enzyme-triggered controlled release on capped nanometric silica mesoporous supports. ChemistryOpen, 1(1), 17.

Alam, M. I., Beg, S., Samad, A., Baboota, S., Kohli, K., Ali, J., ... & Akbar, M. (2010). Strategy for effective brain drug delivery. European journal of pharmaceutical sciences, 40(5), 385-403.

An, L., Liu, S., Yang, Z., & Zhang, T. (2012). Cognitive impairment in rats induced by nano-CuO and its possible mechanisms. Toxicology letters, 213(2), 220-227.

Bombo, A. B., Pereira, A. E. S., Lusa, M. G., de Medeiros Oliveira, E., de Oliveira, J. L., Campos, E. V. R., ... & Mayer, J. L. S. (2019). A mechanistic view of interactions of a nanoherbicide with target organism. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(16), 4453-4462.

Chen, C., Zhang, G., Dai, Z., Xiang, Y., Liu, B., Bian, P., ... & Cai, D. (2018). Fabrication of light-responsively controlled-release herbicide using a nanocomposite. Chemical Engineering Journal, 349, 101-110.

Conde, J., Dias, J. T., Grazú, V., Moros, M., Baptista, P. V., & de la Fuente, J. M. (2014). Revisiting 30 years of biofunctionalization and surface chemistry of inorganic nanoparticles for nanomedicine. Frontiers in chemistry, 2, 48.

Czajka, M., Sawicki, K., Sikorska, K., Popek, S., Kruszewski, M., & Kapka-Skrzypczak, L. (2015). Toxicity of titanium dioxide nanoparticles in central nervous system. Toxicology in vitro, 29(5), 1042-1052.

Demirel, F. (2021). In Silico Analysis of Protein Disulfide Isomerases in Soybean. Journal of Agriculture, 4(1), 48-56.

Elder, A., Gelein, R., Silva, V., Feikert, T., Opanashuk, L., Carter, J., ... & Oberdörster, G. (2006). Translocation of inhaled ultrafine manganese oxide particles to the central nervous system. Environmental health perspectives, 114(8), 1172-1178.

Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have?. Frontiers in Environmental Science, 4, 186737.

Georgieva, J. V., Kalicharan, D., Couraud, P. O., Romero, I. A., Weksler, B., Hoekstra, D., & Zuhorn, I. S. (2011). Surface characteristics of nanoparticles determine their intracellular fate in and processing by human blood–brain barrier endothelial cells in vitro. Molecular Therapy, 19(2), 318-325.

Giaume, C., Koulakoff, A., Roux, L., Holcman, D., & Rouach, N. (2010). Astroglial networks: a step further in neuroglial and gliovascular interactions. Nature Reviews Neuroscience, 11(2), 87-99.

Hanada, S., Fujioka, K., Inoue, Y., Kanaya, F., Manome, Y., & Yamamoto, K. (2014). Cell-based in vitro blood–brain barrier model can rapidly evaluate nanoparticles' brain permeability in association with particle size and surface modification. International journal of molecular sciences, 15(2), 1812-1825.

Kah, M., & Hofmann, T. (2014). Nanopesticide research: current trends and future priorities. Environment international, 63, 224-235.

Kim, J. S., Yoon, T. J., Yu, K. N., Kim, B. G., Park, S. J., Kim, H. W., ... & Cho, M. H. (2006). Toxicity and tissue distribution of magnetic nanoparticles in mice. Toxicological Sciences, 89(1), 338-347.

Kiyatkin, E. A., Brown, P. L., & Sharma, H. S. (2007). Brain edema and breakdown of the blood–brain barrier during methamphetamine intoxication: critical role of brain hyperthermia. European Journal of Neuroscience, 26(5), 1242-1253.

Kuhlbusch, T. A., Wijnhoven, S. W., & Haase, A. (2018). Nanomaterial exposures for worker, consumer and the general public. NanoImpact, 10, 11-25.

Lien, C. F., Mohanta, S. K., Frontczak-Baniewicz, M., Swinny, J. D., Zablocka, B., & Górecki, D. C. (2012). Absence of glial α-dystrobrevin causes abnormalities of the blood-brain barrier and progressive brain edema. Journal of Biological Chemistry, 287(49), 41374-41385.

Liu, D., Lin, B., Shao, W., Zhu, Z., Ji, T., & Yang, C. (2014). In vitro and in vivo studies on the transport of PEGylated silica nanoparticles across the blood–brain barrier. ACS applied materials & interfaces, 6(3), 2131-2136.

Oberdörster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., Kreyling, W., & Cox, C. (2004). Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. Inhalation toxicology, 16(6-7), 437-445.

Osorio-Echavarría, J., Osorio-Echavarría, J., Ossa-Orozco, C. P., & Gómez-Vanegas, N. A. (2021). Synthesis of silver nanoparticles using white-rot fungus Anamorphous Bjerkandera sp. R1: Influence of silver nitrate concentration and fungus growth time. Scientific Reports, 11(1), 3842.

Parveen, S., Misra, R., & Sahoo, S. K. (2017). Nanoparticles: a boon to drug delivery, therapeutics, diagnostics and imaging. Nanomedicine in cancer, 47-98.

Patel, S., Bajpai, J., Saini, R., Bajpai, A. K., & Acharya, S. (2018). Sustained release of pesticide (Cypermethrin) from nanocarriers: an effective technique for environmental and crop protection. Process safety and environmental protection, 117, 315-325.

Pettersen EF, Goddard TD, Huang CC, Couch GS, Greenblatt DM, Meng EC, et al. UCSF Chimera—avisualization system for exploratory research and analysis. Journal of computational chemistry. 2004;25(13):1605–12.

Prasad, R., Bhattacharyya, A., & Nguyen, Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. Frontiers in microbiology, 8, 1014.

Sancaktaroğlu, S., Yıldırım, B., Ekici, K., & Demirel, F. (2023). Characterization of essential oil and in silico modelling perspectives of thyme (Thymus eigii M. Zohary et PH Davis) jalas species. Iğdır Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 1(2), 52-60.

Sanzari, I., Leone, A., & Ambrosone, A. (2019). Nanotechnology in plant science: to make a long story short. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7, 120.

Sarlak, N., Taherifar, A., & Salehi, F. (2014). Synthesis of nanopesticides by encapsulating pesticide nanoparticles using functionalized carbon nanotubes and application of new nanocomposite for plant disease treatment. Journal of agricultural and food chemistry, 62(21), 4833-4838.

Sharma, H. S., Ali, S. F., Hussain, S. M., Schlager, J. J., & Sharma, A. (2009). Influence of engineered nanoparticles from metals on the blood-brain barrier permeability, cerebral blood flow, brain edema and neurotoxicity. An experimental study in the rat and mice using biochemical and morphological approaches. Journal of nanoscience and nanotechnology, 9(8), 5055-5072.

Skalska, J., Frontczak-Baniewicz, M., & Strużyńska, L. (2015). Synaptic degeneration in rat brain after prolonged oral exposure to silver nanoparticles. Neurotoxicology, 46, 145-154.

Vigneshwaran, N., Kathe, A. A., Varadarajan, P. V., Nachane, R. P., & Balasubramanya, R. H. (2006). Biomimetics of silver nanoparticles by white rot fungus, Phaenerochaete chrysosporium. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 53(1), 55-59.

Wu, J. R., Hernandez, Y., Miyasaki, K. F., & Kwon, E. J. (2023). Engineered nanomaterials that exploit blood-brain barrier dysfunction for delivery to the brain. Advanced drug delivery reviews, 197, 114820.

Wu, J., Ding, T., & Sun, J. (2013). Neurotoxic potential of iron oxide nanoparticles in the rat brain striatum and hippocampus. Neurotoxicology, 34, 243-253.

Yadav, R. K., Singh, N. B., Singh, A., Yadav, V., Bano, C., Khare, S., & Niharika. (2020). Expanding the horizons of nanotechnology in agriculture: recent advances, challenges and future perspectives. Vegetos, 33, 203-221.

Yalamalle, V. R., Tomar, B. S., Kumar, A., & Ahammed, S. T. (2019). Polymer coating for higher pesticide use efficiency, seed yield and quality in onion (Allium cepa). Indian J. Agric. Sci, 89, 1195-1199.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Zhang, Y., Chen, W., Jing, M., Liu, S., Feng, J., Wu, H., ... & Ma, Z. (2019). Self-assembled mixed micelle loaded with natural pyrethrins as an intelligent nano-insecticide with a novel temperature-responsive release mode. Chemical Engineering Journal, 361, 1381-1391.

Zielińska, A., Costa, B., Ferreira, M. V., Miguéis, D., Louros, J. M., Durazzo, A., ... & Souto, E. B. (2020). Nanotoxicology and nanosafety: Safety-by-design and testing at a glance. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(13), 4657.

Zlokovic, B. V. (2008). The blood-brain barrier in health and chronic neurodegenerative disorders. Neuron, 57(2), 178-201.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇAMLIK MİLLİ PARKI (YOZGAT) EPİFİTİK LİKENLERİ

Öğrenci Merve Nur TANRIVERDİ
Yozgat Bozok Üniversitesi
tanriverdimerve.50@gmail.com- 0009-0003-5222-6837
Doç. Dr. Mustafa KOCAKAYA
Yozgat Bozok Üniversitesi
mustafa.kocakaya@bozok.edu.tr - 0000-0003-2306-8094
Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ünsal BARAK
Yozgat Bozok Üniversitesi
mehmetu.barak@bozok.edu.tr - 0000-0002-2050-149X
Öğr. Gör. Dr. Esra Özge AYGÜL
Yozgat Bozok Üniversitesi
esra.ozge.aygul@bozok.edu.tr - 0000-0002-1274-8249

ÖZET

Likenler, bir mikobiyont ortağı (mantar) ile bir veya daha fazla fotobiyont ortağının (alg veya siyanobakteri) bir araya gelmesiyle oluşan simbiyotik organizmalardır. Bu simbiyotik birliktelikte yer alan alg ve mantar örnekleri ayrı olarak belirli çevresel sınırlar içinde gelişim gösterirler. Bu araştırma, Türkiye'nin ilk milli parkı olan Çamlık Milli Parkı'nda bulunan ağaçlar üzerinde gelişen epifitik likenleri incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma kapsamında, 8 farklı lokalitede toplamda 32 epifitik liken ve 1 likenikol mantar tespit edilmiştir. Likenlerin teşhisinde stereomikroskop kullanılmış, örneklerden alınan kesitler ise anatomik incelemeler için ışık mikroskobu altında değerlendirilmiştir. Liken örneklerinin tayininde çeşitli makaleler ve teşhis anahtarlarından yararlanılmıştır. Ayrıca, çalışma alanında bulunan ağaç türleri üzerindeki epifitik tür çeşitliliği incelenmiş ve en fazla epifitik likenin *Pinus nigra* türü üzerinde olduğu belirlenmiştir. Liken türleri, büyüme formlarına göre değerlendirildiğinde ise ağaçlar üzerinde kabuksu liken türlerinin daha yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Ülkemizin biyoçeşitliliğini anlamak ve doğal kaynaklarımızı değerlendirmek açısından bu tür araştırmalar son derece önemlidir. Likenlerin ekonomik değeri de oldukça fazladır. Boya sanayi, eczacılık, gıda sanayi, kozmetik, parfümeri ve tıp gibi çeşitli sektörlerde likenler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, ekonomik açıdan önemli olan türlerin belirlenmesi ve gelecekte bölge likenleri üzerinde yapılacak çalışmalar için önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, Çamlık Milli Parkı, Liken, Yozgat

ÇAMLIK NATIONAL PARK (YOZGAT) EPIPHYTIC LICHENS

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ABSTRACT

Lichens are symbiotic organisms formed by the association of a mycobiont partner (fungus) and one or more photobiont partners (algae or cyanobacteria). The algal and fungal specimens in this symbiotic association develop separately within certain environmental limits. This study aimed to investigate epiphytic lichens growing on trees in Çamlık National Park, the first national park of Turkey. Within the scope of the study, a total of 32 epiphytic lichens and 1 lichenicol fungi were identified in 8 different localities. Stereomicroscopy was used for the identification of the lichens, and the sections taken from the samples were evaluated under a light microscope for anatomical analyses. Various articles and identification keys were utilized in the identification of lichen samples. In addition, the diversity of epiphytic species on the tree species in the study area was analyzed, and it was determined that the most epiphytic lichens were found on *Pinus nigra*. When the lichen species were evaluated according to their growth forms, it was observed that crustose lichen species were more common on trees. Such research is extremely important in terms of understanding the biodiversity of our country and evaluating our natural resources. The economic value of lichens is also quite high. Lichens are frequently used in various sectors such as the paint industry, pharmacy, food industry, cosmetics, perfumery, and medicine. The results obtained from this study are important for the determination of economically important species and for future studies on the lichens of the region.

Keywords : Biodiversity, Çamlık National Park, Lichen, Yozgat

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Dünya genelinde yaklaşık olarak 25000'den fazla liken ve likenikol mantar taksonunun olduğu bilinmektedir. Türkiye'de ise 2000'den fazla takson bulunmaktadır. Bu organizmalar, yüksek dağ zirvelerinden, kuru tozlu çöllere ve donmuş kutup tundralarına kadar tüm ekosistemlerde ve biyomlarda bulunur. Likenler, yaşadıkları habitat ve ekosistemlerde önemli ancak genellikle fark edilmeyen bir rol oynayan ilginç organizmalardır. Dünyada birçok farklı türleri bulunmaktadır. Toprak, ağaçlar, kaya ve hatta cam gibi çeşitli yüzeylerde bulunmaktadırlar. Özellikle bulundukları habitatın iklimsel özelliklerine uyum sağladıkları için geniş bir çeşitlilik gösterirler (Walker, 2024).

Likenler yaşadıkları substratlara göre değişiklik gösterirler ve ifade edilirler. Çalışma konusu olan epifitik likenler, diğer bitki veya substratların yüzeyinde yaşayan ve bu yüzeylerden besin ve nem sağlayan organizmalardır. Bu liken türleri, ağaçlar, kaya yüzeyleri, diğer bitkilerin yaprakları gibi çeşitli substratlara tutunarak yaşarlar. Epifitik likenler, çevresel koşullara ve yaşadıkları ortama uyum sağlayarak birçok farklı habitat ve iklimde bulunurlar. Bu liken türleri, ekosistemlerde önemli bir rol oynar.

Türkiye likenleriyle ilgili çoğu çalışma genellikle floristik niteliktedir ve azı belirli biyotoplar veya substratlarla ilgilenir (Çobanoğlu ve Sevgi, 2006; Oran, 2008; Öztürk ve Güvenç, 2010; Aygül, 2023). Bu çalışmada sadece ağaçlar üzerinde bulunan epifitik likenlere odaklanılmıştır.

2. MATERYAL YÖNTEM

2.1. Arazi Çalışması

Çamlık Milli Parkı'nda, 05.01.2023 ile 06.02.2023 tarihleri arasında, toplam 8 farklı lokaliteden liken örnekleri toplanmıştır. Örneklerin toplanması sırasında bıçak, GPS cihazı, altimetre, kâğıt havlu, kese kağıtları, kalem, defter ve naylon torbalar gibi çeşitli araçlar kullanılmıştır. Liken örnekleri, araziden toplanırken ağaçlara zarar vermeden kabuklarından birer parça alınmıştır. Toplama işlemi sırasında tallus yapısına zarar vermemeye özen gösterilmiş; merkezi ve kenar yapılarının korunması sağlanmıştır. Toplanan örnekler, yumuşak havlulara sarılarak kese kağıtlarının içerisine yerleştirilmiştir. Lokalite bilgileri, yükseklik ve substrat özellikleri gibi detaylar arazi defterine kaydedilmiştir.

2.2. Getirilen örneklerin incelenmesi ve teşhisi

Tayin aşamasında OLYMPUS SZX10 marka stereomikroskop ve OLYMPUS BX53 marka ışık mikroskobu kullanılmıştır. Görüntülerin kaydedilmesi için OLYMPUS DP26 kameralı görüntüleme sistemi kullanılmıştır. Örneklerin mikroskobik özelliklerinin incelenmesi amacıyla preparatlar hazırlanmıştır. Tallus veya apotesyumdan kesitler alınarak su, potasyum hidroksit veya lügol çözeltilerinde hazırlanmıştır. Önemli özellikler, kameralı görüntüleme sistemi ve oküler mikrometre ile ölçülmüştür. Stereomikroskop altında morfolojik görüntüler kaydedilmiştir. Askoma yapısı, askus yapısı ve boyutu, spor sayısı, şekli ve boyutu, himenyum yüksekliği ile parafizlerin şekil ve yapısı gibi mikroskobik özellikler, askoma ve tallustan alınan kesitler ışık mikroskobu altında detaylı olarak incelenmiştir. Makroskobik ve mikroskobik görüntüler, kameralı görüntüleme sistemiyle kaydedilmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tür

düzeyinde teşhis işlemlerinde kimyasal reaksiyonlar için KOH (potasyum hidroksit), C (kalsiyum hipoklorit), Pd (Parafenilen diamin) ve I (Lügol) gibi çözeltiler kullanılmıştır (Orange vd., 2001).

Apotesyum, tallus, medulla ve gerektiğinde soralyumlara damlatılan reaktiflerle reaksiyon işaretiyle belirtilmiştir.

Çalışma alanında toplanılan likenlerin teşhis ve tayin işlemleri için çeşitli flora kitapları ve farklı tayin anahtarları kullanılmıştır (Ahti vd., 2013; Alstrup & Hawksworth, 1990; Arup vd., 2013; Breus, 1990; Brodo vd., 2001; Bungartz & Nash, 2004; Clauzade & Roux, 1985; Degelius, 1954; Girald, 2001; Hawksworth, 1981; Hawksworth, 1983; Grube & Hafellner, 1990; McCune, 2006; Nash, 2002; Otálora vd., 2014; Ozenda & Clauzade, 1970; Purvis vd., 2002; Smith vd., 2009; Timdal, 1991; Wetmore, 2005; Wirth, 1980; Wirth, 1995; Wunder, 1974).

3. SONUÇLAR

Çalışma Çamlık Milli Parkında 8 lokalitede gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda alandan 32 epifitik liken türü ve 1 likenikol mantar taksonu olmak üzere toplam 33 takson tespit edilmiştir. Tespit edilen 33 taksonun 30'u Yozgat yöresi için daha önce verilmiştir. *Lecania cyrtella*, *Ramalina farinacea* ve *Ramalina fraxinea* taksonları ise Yozgat ilinden ilk kez tespit edilerek biyoçeşitliliğe katkıda bulunulmuştur.

Çamlık MP'dan yapılan arazi çalışmaları lokalite bilgileri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Lokalite Bilgileri

No	Koordinatlar	Yükseklik (m)	Toplama tarihi
1	39° 48′ 28.2″ K 34° 48′ 12.1″ D	1450	05.01.2023
2	39° 48′ 16.9″ K 34° 48′ 34.1″ D	1500	05.01.2023
3	39° 48′ 20.9″ K 34° 48′ 52.9″ D	1515	05.01.2023
4	39° 48′ 28.9″ K 34° 49′ 18.5″ D	1445	05.01.2023
5	39° 48′ 06.8″ K 34° 48′ 48.6″ D	1615	06.02.2023
6	39° 47′ 58.8″ K 34° 47′ 49.6″ D	1470	06.02.2023
7	39° 47′ 59.6″ K 34° 48′ 35.4″ D	1640	06.02.2023
8	39° 48′ 11.7″ K 34° 48′ 01.5″ D	1475	06.02.2023

Çalışma alanı olan Çamlık Milli Parkından'ndan toplam 32 liken taksonu ve 1 likenikol mantar taksonu tespit edilmiştir. Bu türlerin listesi ile birlikte üzerinde bulundukları substratları ve lokalite numaraları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tespit edilen türlerin isimleri, lokalite numaraları ve substratları

Türler	Lokalite numarası	Substrat
Caloplaca herbidella (Hue) H. Magn.	2, 5	*Pinus nigra*
Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr.	2	*Pinus nigra*
Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.	1, 2, 7	*Pinus nigra*
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau	7	*Pinus nigra*
Cercidospora xanthoriae (Wedd.) R. Sant.	3	*Xanthoria parietina*
Evernia prunastri (L.) Ach.	1, 4, 5,6, 7	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Glaucomaria carpinea (L.) S.Y. Kondr., Lőkös & Farkas	3	*Pinus nigra*
Hypocenomyce scalaris (Ach.) M. Choisy	4	*Pinus nigra*
Hypogymnia farinacea Zopf	5, 7, 8	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.	3	*Pinus nigra*
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav.	5	*Pinus nigra*
**Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr.	5	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Lecanora argentata (Röhl.) Malme	8	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Lecanora chlarotera Nyl.	6	*Pinus nigra*
Lecanora horiza (Ach.) Nyl.,	3	*Populus tremula*
Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy	1, 2, 5, 8	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Lepra amara (Ach.) Hafellner	5	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Letharia vulpina (L.) Hue	7	*Pinus nigra*

Çizelge 3.2. Tespit edilen türlerin isimleri, lokalite numaraları ve substratları (devam)

Türler	**Lokalite numarası**	**Substrat**
Melanohalea exasperata (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	5	*Pinus nigra*
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	7	*Pinus nigra*
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale	4, 7	*Pinus nigra*
Physcia adscendens H. Olivier	2, 3	*Pinus nigra*
Physcia biziana (A. Massal.) Zahlbr.	5	*Pinus nigra*
Physcia stellaris (L.) Nyl.	1, 2	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Physcia tenella (Scop.) DC.	5	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	*Pinus nigra, Quercus pubescens, Populus tremula*
**Ramalina farinacea* (L.) Ach.	2, 5	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
**Ramalina fraxinea* (L.) Ach.	3, 4	*Pinus nigra*
Ramalina polymorpha (Lilj.) Ach.	5	*Pinus nigra, Quercus pubescens*
Rinodina pyrina (Ach.) Arnold	4	*Pinus nigra*
Straminella varia (Hoffm.) S.Y. Kondr., Lőkös & Farkas	6	*Pinus nigra*
Usnea filipendula Stirt.	3, 5, 7, 8	*Pinus nigra*
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.	2, 5	*Pinus nigra, Quercus pubescens, Populus tremula*

TEŞEKKÜRLER

1919B012113675 No`lu 2209-A Öğrenci Araştırma Projeleri Destekleme Programı ile çalışmamıza maddi olarak destek sağlayan TÜBİTAK' a teşekkür ederiz.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

Ahti, Teuvo, Soili Stenroos, and Roland Moberg. *Nordic Lichen Flora, 5. Cladoniaceae*. Museum of Evolution, Uppsala University, 2013.

Alstrup, Vagn, and David L. Hawksworth. "The Lichenicolous Fungi of Greenland." *Meddelelser om Grønland, Bioscience*, 31, 1990.

Arup, Ulf, Ulf Søchting, and Patrik Frödén. "A New Taxonomy of the Family Teloschistaceae." *Nordic Journal of Botany*, 31, 1, 2013.

Aygül, Emine Özdemir. *Çayıralan (Yozgat) Yöresinde Epifitik Liken Çeşitliliği ve Çevresel Faktörlerle İlişkileri*. Doktora tezi, 2023.

Breuss, Otto. *Die Flechtengattung Catapyrenium in Europa*. *Stapfia*, 23, Linz, 1990.

Brodo, Irwin M., Sylvia D. Sharnoff, and Stephen Sharnoff. *Lichens of North America*. Yale University Press, 2001.

Bungartz, Frank, and Thomas H. Nash III. "The Buellia aethalea-group in the Greater Sonoran Desert Region with Reference to Similar Species in North America." *The Bryologist*, 107, 4, 2004.

Clauzade, Georges, and Claude Roux. *Likenoj de Occidenta Europo*. Bulletin de la Societe Botanique du Centre Quest Nouvelle Serie – Numero Special, 7, Royan, 1985.

Çobanoğlu, Gülten, and Osman Sevgi. "Elmalı Sedir Araştırma Ormanı (Antalya) Epifitik Liken Florası." *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 56, 1, 2006.

Degelius, Gunnar. *The Lichen Genus Collema in Europe*. *Symbolae Botanicae Upsalienses*, 13, 2, 1954.

Giralt, Mireia. *The Lichen Genera Rinodina and Rinodinella (Lichenized Ascomycetes, Physciaceae) in the Iberian Peninsula*. *Bibliotheca Lichenologica*, 79, 2001.

Grube, Martin, and Josef Hafellner. "Studien an Flechtenbewohnenden Pilzen der Sammelgattung Didymella (Ascomycetes, Dothideales)." *Nova Hedwigia*, 51, 1990.

Hawksworth, David L. "The Lichenicolous Coelomycetes." *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, Botany Series, 9, 1981.

Hawksworth, David L. "A Key to the Lichen-Forming, Parasitic, Parasymbiotic and Saprophytic Fungi Occurring on Lichens in the British Isles." *The Lichenologist*, 15, 1983.

McCune, Bruce. *Key to the Lichen Genera of the Pacific Northwest*. Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, 2006.

Nash, Thomas H., III. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, 1996.

Oran, Semra. "Epiphytic Lichen Diversity on Fagus orientalis Lipsky and Fagus sylvatica L. in the Marmara Region (Turkey)." 2008.

Otálora, María A., Per Magnus Jørgensen, and Mats Wedin. "Revised Generic Classification of the Jelly Lichens, Collemataceae." *Fungal Diversity*, 64, 1, 2014.

Ozenda, Pierre, and Georges Clauzade. *Les Lichens*. Masson et C, 1970.

Öztürk, Şerife, and Şerafettin Güvenç. "Comparison of the Epiphytic Lichen Communities Growing on Various Tree Species on Mt. Uludağ (Bursa, Turkey)." *Turkish Journal of Botany*, 34, 5, 2010.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Purvis, William O., et al. *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications, 2002.

Smith, Clifford W., et al. *The Lichens of Great Britain and Ireland*. British Lichen Society, 2009.

Timdal, Einar. *A Monograph of the Genus Toninia (Lecideaceae, Ascomycetes)*. *Opera Botanica*, 110, 1991.

von Linné, Carl. *Species Plantarum*. 2, Impensis Laurentii Salvii, 1753.

Walker, Mark. *British Lichens Biology, Ecology, and Use as Bioindicators*. 2024.

Wetmore, Clifford M. *Keys to the Lichens of Minnesota*. Department of Plant Biology, University of Minnesota, 2005.

Wirth, Volkmar. *Flechten Flora*. Ulmer, 1980.

Wirth, Volkmar. *Die Flechten Baden–Württembergs. Teil, 1–2*. Eugen GmbH & Co, Stuttgart, 1995.

Wunder, Hermann. *Schwarzfrüchtige, Saxicole Sippen der Gattung Caloplaca (Lichenes, Teloschistaceae) in Mitteleuropa dem Mittelmeergebiet und Vorderasien*. *Bibliotheca Lichenologica*, Band 3, 1974.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DAĞ ANIĞI (*CYMBOCARPUM ANETHOİDES* DC. EX CA.MEY.) YAPRAK ETANOL EKSTRAKTININ FARE KEMİK İLİĞİ HÜCRELERİNDE GENOTOKSİK-ANTİGENOTOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

[8]Doç. Dr. Pınar AKSU KILIÇLE

Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, KARS

pinar-aksu@hotmail.com-ORCID ID: 0000-0002-3567-5775

ÖZET

Kars ve çevre yörelerde baharat olarak kullanılan Dağ anığı bitkisi Cymbocarpum cinsi ve Apiaceae familyasına aittir. Bu cinsin çeşitli türleri aşotu ve dağ anığı olarak bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, dağ anığı bitkisinin yapraklarından ethanol ekstraktı çıkarılarak, alkilleyici bir ajan olan siklofosfamid (CP)'nin genotoksik etkisine karşı olası genotoksik ve antigenotoksik etkilerini araştırmaktır.

Çalışmada *Mus musculus* albinos cinsi 3-4 aylık 48 adet erkek fare kullanıldı. Hayvanlar gruplarda sekiz fare olmak üzere altı gruba ayrıldı. 1. grup negatif kontrol grubu (distile su) (oral), 2. grup 50 mg/kg CP grubu (intraperitonal), 3. grup 100 mg/kg dağ anığı (DA) ekstrakt grubu (oral), 4. grup 200 mg/kg dağ anığı ekstrakt grubu (oral). 5. grup 100 mg/kg DA ekstrakt (oral) + 50 mg/kg CP grubu (i.p), 6. grup 200 mg/kg DA ekstrakt (oral) + 50 mg/kg CP grubu olacak şekilde oluşturuldu. DA ekstraktı 14 gün boyunca uygulandı.

Çalışma sonunda Mikronükleuslu Polikromatik Eritrosit (MNPCE) sayılarının istatistiksel analizlerine göre CP uygulamasına bağlı olarak MNPCE sayılarının artış gösterdiği, CP ile DA uygulanan gruplarda ise uygulanan doza paralellik gösteren azalmalar meydana geldiği tespit edildi ($P<0.001$). Mitotik indeks değerlerinin istatistiksel analizlerine göre CP uygulamasına bağlı olarak Mitotik indeks seviyesinin düştüğü, CP ile 100-200 mg/kg DA uygulaması yapılan gruplarda ise doz artışına bağlı olarak artan etki düzeyinde Mitotik indeks seviyelerinin arttığı belirlendi ($P<0.001$).

Sonuç olarak; Dağ anığı ektraktının 100-200 mg/kg dozlarının fare kemik iliği hücrelerinde herhangi bir genotoksik etki göstermediği, bununla birlikte siklofosfamidin neden olduğu mikronükleus artışını doza bağlı olarak azalttığı, mitotik indeks oranını ise artırarak koruyucu etki gösterdiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Mikronükleuslu Polikromatik Eritrosit, Dağ anığı, Siklofosfamid.

[8] Doç. Dr. Pınar Aksu Kılıçle, Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kars/Türkiye, Orcid: 0000-0002-3567-5775, pinar-aksu@hotmail.com

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Bitkiler, tarih boyunca çeşitli medeniyetler tarafından geleneksel tedavi yöntemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde, bitkisel droglar sentetik ilaçlara kıyasla daha ekonomik ve kolay erişilebilir olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Geleneksel tedavi yöntemlerinde uzun bir geçmişe sahip olmaları, yan etkilerinin sentetik ilaçlara nazaran az olması, bu ürünlerin insanlar tarafından sıklıkla kullanılmasına katkı sağlamaktadır (Baytop, 1999; Baytop, 2001; Eroğlu, 2011).

Bitkilerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, bitki kök, gövde, tohum, yaprak ve çiçek gibi kısımlarında farklı miktarlarda bulunan fenolik bileşiklerin; antialerjik, antimutajenik, antikarsinojenik, hipoglisemik, hipokolesterolemik, antienflamatuvar, antitrombotik, vazodilatör ve yatıştırıcı etkileri olarak sıralanabilir (Bortolotti ve ark., 2019).

İnsanlar yaşadıkları bölgedeki zengin bitki çeşitliliği sayesinde bitkilerle derin bir bağ kurmuştur. Kırsalda yaşayan insanlar genellikle bitkileri doğadan toplarlar. Şehirde yaşayan insanlar ise aktarlardan temin edilen bitkileri çeşitli sağlık amaçları için kullanmaktadırlar. Bu bitkilerin tıbbi alandaki kullanımı, halk arasında yaygın bir gelenek olarak devam etmektedir (Baytop, 1999).

Apiaceae familyasındaki bitkiler toplum tarafından sıkça kullanılmaktadır. Gastrointestinal rahatsızlıkların yanı sıra solunum, dolaşım ve ürogenital sistem hastalıklarının tedavi edilmesi amacı ile de tüketilmektedir. Apiaceae familyasındaki çeşitli bitkilerin yara üzerine uygulanan miktarları, böcek sokması, yanık, saç dökülmesi, siğil gibi bazı rahatsızlıkları tedavi edici özelliklerinin olduğu rapor edilmiştir (Heywood, 1971). Canlılar tarafından yenilen havuç, maydanoz gibi sebzelerin antibakteriyel ve antitümöral etkinlikleri çeşitli araştırmalarla rapor edilmiştir (Christensen ve Brandt, 2006).

Apiaceae familyasına ait bir bitki olan dağ anığı (*Cymbocarpum anethoides*), genellikle ilkbahar ve yaz aylarında aromatik özellikleri nedeniyle toplanmaktadır. Bu bitkinin yaş ve kurutulmuş kısımları, çeşitli yemeklerde tat verici baharat olarak kullanılır (Chamberlain, 1972; Nasiri ve ark., 2016).

Geleneksel olarak kullanılan birçok tıbbi bitki, yeni ilaçların keşfinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu bitkilerin farklı kısımlarından elde edilen çeşitli bileşikler, tıbbi ve bilimsel araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Özellikle etkinliği kanıtlanmış metabolitlerin tedavi edici ve antigenotoksik özellikleri, bu alandaki çalışmaları daha da hızlandırmaktadır (Shabab ve ark., 2021). Tıbbi bitkilerin antigenotoksik etkileri, mutajenlerin neden olduğu genotoksik etkileri azaltmada etkili olabilir. Bu nedenle, pek çok bitki antigenotoksik özellikleri açısından değerli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır (Önen ve ark., 2017).
Bu çalışmanın amacı, Kars ve çevre yörelerde baharat olarak kullanılan ve üzerinde yeterince çalışma olmayan Dağ anığı bitkisinin yapraklarından ethanol ekstraktı çıkarılarak, alkilleyici

bir ajan olan siklofosfamid (CP)'nin genotoksik etkisine karşı olası genotoksik ve antigenotoksik etkilerini araştırmaktır.

2.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1.Bitki Materyali ve Ekstraksiyonu

Dağ anığı bitki örnekleri Kars ili Kağızman ilçesi Kötek köyü (40,21856ºK, 43,01291º D) civarından 2022 yılı Nisan ve Mayıs aylarında toplandı. Bitki teşhisi için dağ anığı bitkisinin kök, gövde, yaprak, tohum ve çiçek kısımları toplandı. Toplanan bitki örnekleri Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü laboratuvarına getirildi. Bitkinin teşhisi Trakya Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Botanik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Fatma Güneş tarafından yapıldı. Teşhis edilen bitki Trakya Üniversitesi Eczacılık Fakültesi herbaryumunda 4364 numara ile kayıt altına alındı. Halk arasında baharat ve gıda olarak kullanılan bitkinin yenilen kısımları (yaprak), karanlık, ışık almayan ve hava sirkülasyonu olan bir ortamda kurutuldu. Kuruyan bitki örnekleri öğütücü (IKA A11 Staufen, Germany) yardımı ile öğütüldü. Öğütülen bitki örneği Soxhlet cihaz kartuşuna alınarak etanol ile çözücü berraklaşana kadar (10 saat) ekstrakte edildi. Elde edilen sıvı ekstrakt <2 µm gözenek boyutuna ve 110 mm çapa sahip filtre kağıtları (Grade 589/3, Whatman, İngiltere) kullanılarak filtrelendi. Filtrelenen ekstrakt örneği, 35–45 °C'de rotary evaporatör yardımı ile etanolü uzaklaştırıldı. Elde edilen dağ anığı ekstraktı 4 °C'de saklandı (Wang ve ark., 2006; Uluman ve Aksu-Kilicle, 2020).

2.2.Deney Hayvanları

Bu çalışmada daha önce herhangi bir çalışmada kullanılmamış 48 adet 3-4 aylık *Mus musculus* (albino) erkek fare kullanıldı. Çalışmada kullanılan fareler 22 ± 3°C ortam sıcaklığında, oniki saat ışıklı, oniki saat ışıksız ortamda belirli barınaklarda barındırılıp 15 günlük alıştırma süreci için standart yem ve su ile beslendi. 15 gün sonunda hayvanlar deney gruplarında belirtildiği gibi oluşturuldu. Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (KAU-HADYEK) tarafından 22.02.2022 tarihli ve 2022/02 sayı nolu izni ile yapıldı.

2.3.Deney Grupları

1. GRUP (8): Negatif kontrol. Diğer gruplarda bulunan deney hayvanları gibi kafes içerisinde ve uygulama sırasında yaşadıkları stresi eşit tutmak için ondörtgün boyunca distile su oral yolla verildi.

2. GRUP (8): 50 mg/kg siklofosfamid. Bu gruptaki farelere 50 mg/kg siklofosfamid ondördüncü gün intraperitonal yol ile verildi. Onbeşinci gün eter anestezisi altında servikal dislokasyon yapıldı (siklofosfamidin yirmidört saatlik etkisine bakıldı) (Ahmadi ve ark., 2008).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. GRUP (8): 100 mg/kg dağ anığı ekstraktı. Bu gruptaki farelere 100 mg/kg dağ anığı ekstraktı ondört gün boyunca oral yolla verildi. Onbeşinci gün eter anestezisi altında servikal dislokasyon yapıldı.

4. GRUP (8): 200 mg/kg dağ anığı ekstraktı. Bu gruptaki farelere 200 mg/kg dağ anığı ekstraktı ondört gün boyunca oral gavaj yol ile verildi. Onbeşinci gün eter anestezisi altında servikal dislokasyon yapıldı.

5. GRUP (8): 100 mg/kg dağ anığı ekstraktı + 50 mg/kg siklofosfamid. Bu gruptaki farelere 100 mg/kg dağ anığı ekstraktı ondörgün boyunca oral yolla verilip, ondördüncü günün sonunda 50 mg/kg dozda siklofosfamid intraperitonal yolla verildi. Onbeşinci gün eter anestezisi altında servikal dislokasyon yapıldı.

6. GRUP (8): 200 mg/kg dağ anığı ekstraktı + 50 mg/kg siklofosfamid. Bu gruptaki farelere 200 mg/kg dağ anığı ekstraktı oral yolla ondörtgün verilip, ondördüncü günün sonunda 50 mg/kg dozda siklofosfamid intraperitonal yolla verildi. Onbeşinci gün eter anestezisi altında servikal dislokasyon yapıldı (Chandrakar ve Raja, 2018).

2.4. MN (Mikronükleus Testi)

Çalışmada mikronükleus tespitinde farelerin bir femuru çıkarılarak kemik iliği kullanıldı. Femur kemiği iki ucundan kesilerek, kemik iliği enjektör yardımı ile içerisinde 3 ml dana serumu bulunan santrifüj tüpüne aktarılıp, içerisinde kemik iliği numunesi bulunan tüpler 2000 rpm' de 5 dakika santrifüj edilerek süpernatantları atıldı. Tüpte kalan kısmın üzerine bir damla dana serumu konularak süspanse edilip, lamlar üzerine yayıldı. Yayma işleminden sonra metil alkolde 10 dakika fikse edildi. İlk kez Schmid tarafından geliştirilen kemik iliği preparatları, laboratuvar ve çalışma koşullarımıza göre uyarlanan bir yöntem ile hazırlandı. Fikse edilmiş preparatlar ilk önce % 0,25'lik May Grunwald boyası ile 5 dakika, daha sonra % 0,125'lik May Grunwald boyası ile 5 dakika tekrar boyandıktan sonra % 20'lik Giemsa boyası ile 30 dakika boyandı. Her preparattan rastgele 1000 adet PCE sayıldı. Bunların içerisinde MNPCE' lerin sayıları belirlenerek, yüzdeleri çıkartıldı (Schmid, 1975).

2.5.Mitotik İndeks

Çalışmada mikronükleus testinde olduğu gibi diğer femur kemiği çıkarılarak kemik iliği kullanıldı. Femur kemiği içeriği 5 ml kromozom medium bulunan deney tüplerine aktarıldı ve 1200 rpm'de santrifüj edildi. Süpernatan kısım atıldı ve üzerine glasiel asetik asit ve metanolden hazırlanan carnoy fiksatifi damlatıldı. Bu işlem üç kere tekrar edildikten sonra dipte kalan kısım lam üzerine yayılıp, % 10'luk giemsa boyası ile boyandı ve sayma işlemi yapıldı (Preston ve ark., 1987).

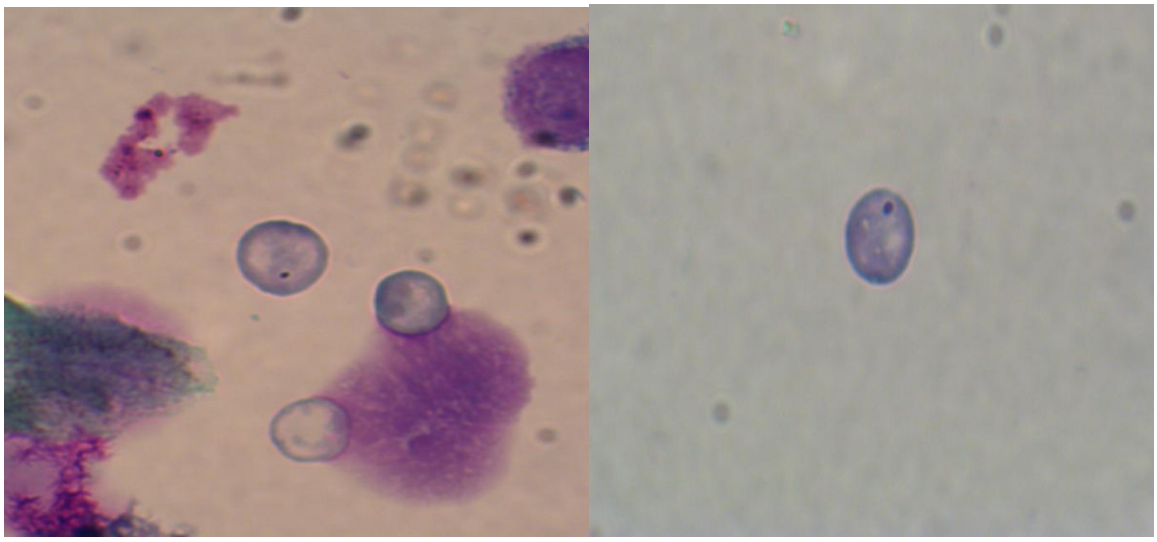
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.6.İstatistik

Çalışma sonucu verilerin istatistiksel olarak değerlendirmek için SPSS 22 programı kullanıldı. Grup içi normallik analizi için Shapiro Wilk-W Testi yapıldı. Gruplar arası kıyaslamalarda ise (One-way ANOVA) kullanıldı. Deney grupları arasındaki farklılığı tespit etmek amacı ile Tukey testi uygulandı. Sonucu $p<0.05$ tespit edilen veriler anlamlı olarak belirlendi.

3.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Mikronükleus bulguları



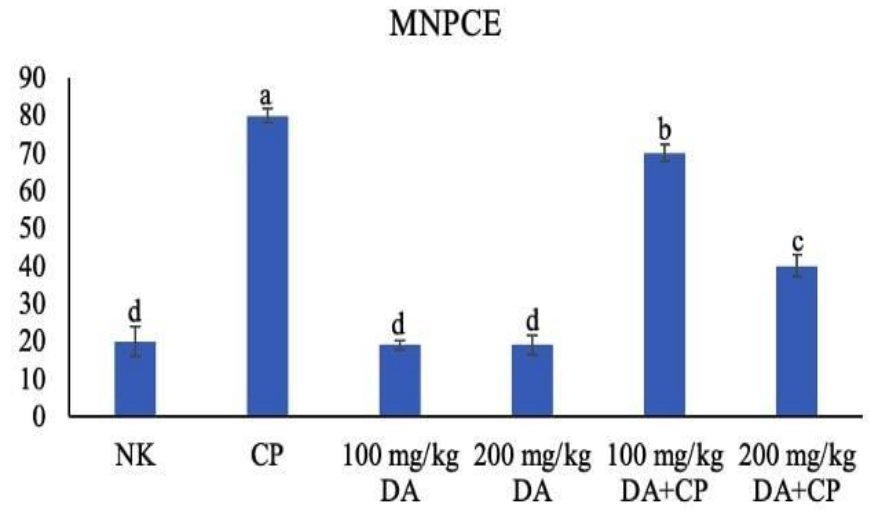
Görsel 1: Çalışma sonucu elde edilen mikronükleuslu polikromatik eritrosit (MNPCE) örnekleri

Çizelge 1: Belirlenen Grupların Fare Kemik İliği Hücrelerinde Mikronükleus Test Sonuçları

Gruplar	Toplam PCE	MNPCE	MNPCE (%)
Negatif kontrol.	1000	20	2
50 mg/kg siklofosfamid (CP).	1000	80	8
100 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı.	1000	19	1.9
200 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı.	1000	19	1.9
100 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı + 50 mg/kg CP.	1000	70	7
200 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı + 50 mg/kg CP	1000	40	4

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Mikronükleus testi sonucunda; mikronükleuslu polikromatik eritrosit (MNPCE) sayılarının istatistiksel analizlerine göre CP uygulamasına bağlı olarak MNPCE sayılarının artış gösterdiği, CP ile birlikte DA uygulanan gruplarda ise uygulanan doza paralellik gösteren azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir (P<0.001) (Görsel 2).



Görsel 2: Kontrol ve deney gruplarına ait mikronükleus sonuçları

3.2. Mitotik İndeks Bulguları

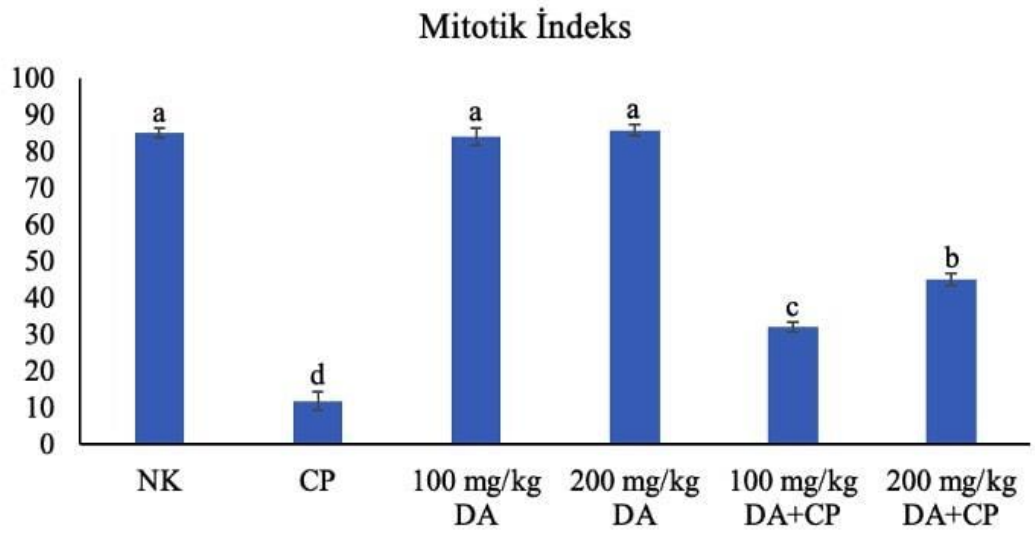
Çizelge 2: Kontrol ve Deney Gruplarının Fare Kemik İliği Hücrelerinde Mitotik Aktivite Oranları

Gruplar	Toplam Hücre	Metafaz Hücre Sayısı	MNPCE (%)
Negatif kontrol.	1000	85	8.5
50 mg/kg siklofosfamid (CP).	1000	12	1.2
100 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı.	1000	84	8.4
200 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı.	1000	86	8.6
100 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı + 50 mg/kg CP.	1000	32	3.2
200 mg/kg dağ anığı yaprak ekstraktı + 50 mg/kg CP	1000	45	4.5

Çalışma sonucunda elde edilen metafaz hücreleri sayılarak yüzdeleri çıkarıldı. Buna göre mitotik indeks değerlerinin istatistiksel analizlerine neticesinde CP uygulamasına bağlı olarak

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Mitotik indeks seviyesinin düştüğü, CP ile birlikte 100-200 mg/kg DA uygulanan gruplarda ise doz artışına bağlı olarak artan etki düzeyinde Mitotik indeks seviyelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.001$). Ayrıca tek başına uygulanan dağ anığı bitki grupları (100-200 mg/kg DA negatif kontrole göre değişiklik göstermeyip, genotoksik etkili olmadığı tespit edilmiştir (Görsel 3).



Görsel 3: Kontrol ve deney gruplarına ait mitotik indeks sonuçları

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Cymbocarpum cinsi İran, Kafkasya ve Türkiye'de yayılış göstermektedir. Boisser, kitabında bu cinste dört tür (*C. anethoides, C. erythraeum* (*DC.) Boiss., C. marginatum Boiss. ve C. wiedemanni Boiss*) olduğunu belirtmiştir (Boissier, 1872). sonra Rechinger, Amanos Dağları'ndan (Türkiye) *C. amanum Rech.f*'yi tanımlayarak cinsteki tür sayısını beşe çıkarmıştır. Chamberlain ise Flora of Turkey adlı kitabında Türkiye'de üç kesin (*C. amanum, C. anethoides, C. Wiedemanni*) ve biri şüpheli (*C.erythraeum*) olmak üzere dört tür kaydetmiştir (Chamberlain, 1972). Davis ve arkadaşları da *C. erythraeum Boiss*'in varlığını doğrulamışlardır (Davis, 1988).

Günümüzde kullanılan birçok nitrojen mustard türevi vardır ve siklofosfamid bunlardan biridir (Kurauchi ve ark., 2017). Siklofosfamid, antineoplastik ve immünosupresif aktivitelere sahip olan nitrojen mustard türevi, alkile edici sitostatik bir ajandır (Kim ve Chan, 2017; Helsby ve ark., 2019; Saxena ve ark., 2020).

Yapılan çalışmada; siklofosfamidin genotoksik etkisine karşı dağ anığı bitkisinin antigenotoksik etkileri belirlenmiştir. Ayrıca dağ anığı bitki ekstraktının genotoksik etkili

olmadığı buna karşın antigenotoksik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Söz konusu bitki üzerine herhangi bir genotoksik ve antigenotoksik çalışma yoktur. Bu nedenle çalışma sonuçlarımız dağ anığı bitkisinin bulunduğu familyaya ait diğer bitkiler üzerinden kıyaslama yapılmıştır.

Çalışmada, siklofosfamid uygulamasına bağlı olarak mikronükleus sayılarının artış gösterdiği, siklofosfamid ile dağ anığı uygulanan gruplarda ise uygulanan doza paralellik gösteren azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir ($P<0.001$). Ayrıca, Mitotik indeks değerlerinin istatistiksel analizlerine göre siklofosfamid uygulamasına bağlı olarak Mitotik indeks seviyesinin düştüğü, siklofosfamid ile 100-200 mg/kg dağ anığı uygulaması yapılan gruplarda ise doz artışına bağlı olarak artan etki düzeyinde Mitotik indeks seviyelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.001$).

Talapatra ve ark. *Coriandrum sativum* sulu ekstraktının *Channa punctatus* periferik eritrositlerinde metronidazol kaynaklı genotoksisiteye karşı terapötik etkinliğini araştırdıkları çalışmada metronidazole'nin, *C. punctatus*'un periferik eritrositlerinde önemli derecelerde mikronükleus ve çift çekirdek oluşumu üretebildiğini ve MTZ tedavisinin bu tür zararlı etkisinin, *C. sativum* yapraklarının sulu ekstraktı ile hafifletilebileceğini ileri sürmüşlerdir (Talapatra ve ark., 2010).

Kişniş (*Coriandrum sativum*), Meksika diyetinde yer alan ve genellikle pişmeden tüketilen yaygın bir bitkidir. Kişniş suyunun 4-nitro- o- fenilendiamin, m- fenilendiamin ve 2-aminoflorenin mutajenik aktivitesine karşı antimutajenik aktivitesi, gösterge olarak *S. typhimurium* TA98 suşu ile Ames reversiyon mutajenite deneyi kullanılarak araştırıldı. Sonuç olarak bu bitkinin antigenotoksik ve genotoksik etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir (Cortes-eslava ve ark., 2004).

Yapılan bir çalışmada, sulu rezene ekstraktının *Allium sepa*' nın meristematik hücrelerinde kromozomal hasara bağlı mikronükleus oluşumunu mitotik bölünmeyi ve genotoksik etkileri önemli ölçüde inhibe ettiği rapor edilmiştir (Deabreu ve ark., 2019).

Yapılan literatür taramaları sonucunda Apiacea familyasında bulunan çeşitli türlerin antigenotoksik etkili olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada dağ anığı bitkisinin aynı familyada bulunan diğer çalışmalarla kıyaslandığında benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, halk arasında baharat olarak kullanılan dağ anığı bitkisinin genotoksik-antigenotoksik etkilerinin belirlenmesi çalışmanın özgünlüğü açısından son derece önemlidir. Günümüzde stratejik öneme sahip Sağlık sektöründeki AR-GE çalışmaları hastalıklarla mücadele, ortaya çıkan lezyonların geriletilmesi ve tedavisinin yanında son zamanlarda özellikle hastalıkların ortaya çıkmadan önce mücadele etme anlamında birçok araştırmaya ağırlık vermektedir. Bu anlamda doğal içerikli ve nanoteknoloji temelli madde üretimi, bunların canlının bünyesinde invitro ya da invivo uygulamaları ve bunlardan elde edilen bulguların önemi elde edilen sonuçların tedavi ve hastalık önleyici potansiyellerinin keşfi ile daha anlamlı bir hal almaktadır. Çalışmamızda bu bilgiler temelinde doğal içerikli

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

dağ anığı bitkisinin bileşenlerinin insanlarda kullanılabilirliğinin ve uygun dozlamaların seçilmesi ve terapotik potansiyelinin araştırılması için deney hayvanlarında oluşturduğu antigenotoksik etkinin ortaya konulduğu çalışmamızda, elde ettiğimiz bulgular sonucunda dağ anığı bitkisinin antigenotoksik potansiyeli ortaya konulmuştur. Terapotik potansiyeli yüksek doğal bileşenlerin canlı için kullanılabilirliğinin tespiti, bunların değerlendirilmesi, aynı zamanda etkili olacağı hastalıklarla mücadele ve bu hastalıkların tedavisi için gerekli olacak maliyetlerinde aşağı çekilmesinde ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ayrıca yapılan bu çalışma ile daha sonraki yapılacak olan projelere ve çalışmalara katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2022-FM-38 nolu proje ile Kafkas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (KAÜ BAP) tarafından genel araştırma projesi olarak desteklenmiştir. Bu çalışmada maddi destek sağlayan KAÜ BAP'a teşekkür ederim.

5.KAYNAKÇA

Ahmadi, A., Hosseinimehr, SJ., Naghshvar, F., Hajir, E., Ghahremani. M. Chemoprotective Effects of Hesperidin Against Genotoxicity Induced by Cyclophosphamide in Mice Bone Marrow Cells. Arch Pharm Res. 31(6):794-7, 2008.

Baytop, T., *Türk Eczacılık Tarihi*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 2001.

Baytop, T., *Türkiye'de Bitkilerle Tedavi,* Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1999.

Boissier, E., (1872). *Cymbocarpum DC.* In: Boissier E, editor. Flora Orientalis, Vol. 2. Geneva, Switzerland, 1872.

Bortolotti, M., Mercatelli, D., Polito, L. Momordica Charantia, a Nutraceutical Approach for Inflammatory Related Diseases, Front Pharmacol, 10, 486, 2019.

Chamberlain, DF., Cymbocarpum DC. In: Davis PH, editor. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 4. Edinburgh, 1972.

Chandrakar, R., Raja, W. Effect of Corriander Sativum Extract on Micronucleus Formation in Bone Marrow Cells of Swiss Albino Mice, European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, 5, 4, 465-468, 2018.

Christensen, LP., Brandt, K. Bioactive Polyacetylenes in Food Plants of the Apiaceae Family: Occurrence, Bioactivity and Analysis, Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 41(3), 683-693, 2006.

Cortés-Eslava, J., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Espinosa-Aguirre, JJ. Antimutagenicity of coriander (Coriandrum sativum) juice on the mutagenesis produced by plant metabolites of aromatic amines, Toxicology letters, 153(2), 283-292, 2004.

Davis, PH., Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement). Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh, 1988.

De Abreu, JC., De Santana, RA., Luiz, SW., Silva, DR., Barbieri, RS., Da Costa, NMA. Effects Cytotoxic and Genotoxic of Aqueous Extract of Fennel (Foeniculum vulgare var. vulgare Mill.). Interdisciplinary Scientific Journal, 6, 1, 80, 2019.

Eroğlu-Özkan, E., *Drosanthe ve Taeniocarpium Seksiyonlarına ait bazı endemik Hypericum türlerinin kimyasal bileşimi ve biyolojik aktivite yönünden incelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

Helsby, NA., Yong, M., Kan, M., Zoysa, JR., Burns, KE. The Importance of both CYP2C19 and CYP2B6 Germline Variations in Cyclophosphamide Pharmacokinetics and Clinical Outcomes, Br J Clin Pharmacol, 85(9): 1925-1934, 2019.

Heywood, VH. The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. (No Title), 1971.

Kim, J., Chan, JJ. Cyclophosphamide in dermatology. Australasian Journal of Dermatology, 58, 1, 5- 17, 2017.

Kurauchi, K., Nishikawa, T., Miyahara, E., Okamoto, Y., Kawano, Y. Role of Metabolites of Cyclophosphamide in Cardiotoxicity. BMC research notes, 10, 1,1-10, 2017.

Nasiri, N., Shamkhani, H., Ghelichpour, Z., Mohammadi, M.A., Sonboli, A. Essential Oil Constituents of the Aerial Parts and Root of *Cymbocarpum anethoides* (Apiaceae) from Iran, Natural Product Research, 1-4, 2016.

Önen, Ö., Aksu-Kılıçle, P., Doğan, ANC. Baharat Olarak Kullanılan Bazı Bitki Ekstraktlarının Memeliler Üzerindeki Genotoksik-Antigenotoksik Etkileri, Kafkas Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Dergisi, 10(2), 103-115, 2017.

Preston, RJ., Dean, BJ., Galloway, S., Holden, H., McFee, AF., Shelby, M. Mammalian in vivo Cytogenetic Assays Analysis of Chromosome Aberrations in Bone Marrow Cells, Mutation Research/Genetic Toxicology, 189, 2, 157-165, 1987.

Saxena, AK., Kumar, A., Saxena, AK., Kumar A. Introduction of Cyclophosphamide, Fish Analysis for Drug and Chemicals Mediated Cellular Toxicity, 1-5,2020.

Schmid, W. The micronucleus test. Journal of Mutation Research, 31 (1): 9-15, 1975.

Shabab, S., Gholamnezhad, Z., Mahmoudabady, M. Protective effects of medicinal plant against diabetes induced cardiac disorder: A review, Journal of Ethnopharmacology, 265, 113328, 2021.

Talapatra, SN., Dasgupta, S., Guha, G., Auddy, M., Mukhopadhyay, A. Therapeutic Efficacies of *Coriandrum Sativum* Aqueous Extract Against Metronidazole-Induced Genotoxicity in Channa Punctatus Peripheral Erythrocytes, Food and chemical toxicology, 48(12), 3458-3461, 2010.

Uluman, E., Aksu-Kilicle, PA. The İnvestigation of The Possible Antigenotoxic in Vivo Effects of Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Peel Extract on Mitomycin-C Genotoxicity, Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, *44*(2), 382-390, 2020.

Wang, L., Curtis, L., Weller, S. Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants, Trends in Food Science and Technology,17 (6): 300-312, 2006.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FARE KEMİK İLİĞİ HÜCRELERİNDE MİTOMİSİN-C NİN OLUŞTURDUĞU GENETİK HASARA KARŞI IŞKIN (*RHEUM RİBES* L.) EKSTRAKTININ OLASI KORUYUCU ETKİSİNİN MİKRONÜKLEUS TESTİ İLE BELİRLENMESİ

[9]Doç. Dr. Pınar AKSU KILIÇLE
Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, KARS
pinar-aksu@hotmail.com-ORCID ID: 0000-0002-3567-5775

ÖZET

Işkın (*Rheum ribes* L.) (RR) Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak bulunan ve tüketilen, geleneksel tıpta ve farmakolojide antimikrobiyal, antiviral, antiinflamatuar ve antiaging olarak kullanılan bir bitki türüdür.

Bu çalışma ile; Kars ili ve çevresinde sıklıkla tüketilen ışkın bitkisinin gövde kısımlarından etanol ekstraktı çıkarılarak, mitomisin-C (MMC)' nin farelerde oluşturduğu genotoksisiteye karşı olası koruyucu etkisinin mikronükleus testi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada *Mus musculus* albinos cinsi 42 adet erkek fare kullanıldı. Hayvanlar 6 gruba ayrıldı. 1. Negatif kontrol grubu (distile su) (oral), 2. 2mg/kg MMC grubu (i.p), 3. 200 mg/kg RR grubu (oral), 4. 400 mg/kg RR grubu (oral). 5. 200 mg/kg RR grubu (oral) + 2 mg/kg MMC grubu (i.p), 6. 400 mg/kg RR grubu (oral)+ 2 mg/kg MMC grubu (i.p) olacak şekilde oluşturuldu. RR 15 gün boyunca, MMC ise çalışma süresinin bitimine 24 saat kala uygulandı.

Çalışma sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; kontrol grubuna kıyasla MMC uygulanan gruplarda mikronükleuslu polikromatik eritrosit (MNPCE) sayılarının artış gösterdiği tespit edildi ($P<0.001$). Bununla birlikte MMC ile 200 mg/kg ve 400 mg/kg ışkın gövde ekstraktı uygulamasına bağlı olarak MNPCE sayılarının sadece MMC grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde anlamlı düşüş sergilediği belirlendi ($P<0.001$).

Sonuç olarak; ışkın gövde ektraktının 200 mg/kg ve 400 mg/kg dozlarının fare kemik iliği hücrelerinde mikronükleus artışına neden olmadığı, MMC'nin neden olduğu mikronükleus artışını doza bağlı olarak azaltarak koruyucu etki gösterdiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Mikronükleus, *Rheum ribes* L., Mitomisin-C.

[9] Doç. Dr. Pınar Aksu Kılıçle, Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kars/Türkiye, Orcid: 0000-0002-3567-5775, pinar-aksu@hotmail.com

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Geleneksel olarak tüketilen birçok tıbbi bitki, yeni ilaçların yapımında büyük önem taşımaktadır. Bu bitkilerin farklı kısımlarından pek çok bileşik ekstrakte edilmektedir. Bunlara; flavonoid ve tannin gibi çeşitli bileşikleri örnek verilebilir (Şeker, 2016). Etki değerleri kanıtlanmış pekçok metaboliti olan bu bitkilerin terapötik ve antigenotoksik etkilerine yönelik ilgi giderek artmaktadır (Shabab ve ark., 2021).

Eski zamanlara bakıldığında, çeşitli bitkilerin insan yaşamında ciddi anlamda önemli olduğu kaydedilmiştir. İlk önceleri yiyecek, ısınma ve savunma için bitkilerden yararlanılmıştır. Bununla birlikte herhangi bir hastalıkla karşı karşıya kalındığında akla ilk gelen her zaman bitkiler olmuştur. Milattan önce 3000 yıllarında pekçok tarihi kalıntıdan bu durumun doğruluğu anlaşılmaktadır (Tanker ve ark., 1993).

Bitkilerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, bitki kök, gövde, tohum, yaprak ve çiçek gibi kısımlarında farklı miktarlarda bulunan fenolik bileşiklerin; antialerjik, antimutajenik, antikarsinojenik, hipoglisemik, hipokolesterolemik, antienflamatuvar, antitrombotik, vazodilatör ve yatıştırıcı etkileri olarak sıralanabilir (Bortolotti ve ark., 2019).

Özellikle etkinliği kanıtlanmış metabolitlerin tedavi edici ve antigenotoksik özellikleri, bu alandaki çalışmaları daha da hızlandırmaktadır (Shabab ve ark., 2021). Tıbbi bitkilerin antigenotoksik etkileri, mutajenlerin neden olduğu genotoksik etkileri azaltmada etkili olabilir. Bu nedenle, pek çok bitki antigenotoksik özellikleri açısından değerli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır (Önen ve ark., 2017).

Rheum ribes L., Polygonaceae familyasına ait bir bitkidir (Kashiwada ve ark., 1988). Genellikle Lübnan, İran ve Türkiye'nin doğusunda yayılım göstermektedir. *R. ribes* yerel olarak 'ışgın, uşkun veya uçkun' olarak bilinmektedir. Polygonaceae familyası, 8 cins ve 70 türden oluşmaktadır. *R.ribes*, Türkiye'de coğrafi olarak uyum sağlayabilen tek Rheum türüdür (Davis, 1970; Öztürk ve ark., 2007). *R. ribes*, Türkiye'deki kayalık kırsal alanlarda 1800 ila 2800 metre yüksekliklerde yetişmektedir. *Rheum ribes* L. bitkisi Haziran ile Temmuz arasında çiçek açar ve tohumları temmuz ile ağustos arasında olgunlaşır. Bu tür genellikle yüksek rakımlı, kuru iklimdeki kaya zeminlerinde yetişebilen, rüzgarla polenleşen hermafrodit çiçeklere sahiptir. Ayrıca, diğer Rheum türleriyle melezlenebilmektedir. Çok soğuk hava koşullarına dayanabilir ve suyun donma noktasının 20 °C altına kadar hayatta kalabilirler. Ayrıca, düşük ışık, kuru veya ıslak topraklar gibi ekstrem koşullarda da yetişebilmektedirler (Andiç ve ark., 2009; Kaya ve ark., 2023). Taze gövde, yaprak ve petiyolleri genellikle çiğ ve pişmiş sebze olarak tüketilmektedir. Bu bitkinin kökleri İran'da laksatif ve antipsoriatik ilaç olarak kullanılmıştır (Krishnaiah ve ark., 2011). Türkiye'de ise idrar yolu iltihaplarında diüretik bir tedavi amacıyla kullanılmıştır (Cakilcioglu ve Türkoglu, 2010). Ayrıca Türkiye'de sindirime yardımcı ve iştah açıcı olarak da kullanılmaktadır (Öztürk ve ark., 2007). *Rheum ribes* kökleri, hipertansiyon, diyabet, obezite ve böbrek hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır (Abu-Irmaileh ve Afifi, 2003). Ayrıca bitkinin ülser, ishal, hemoroid ve diyabet tedavisinde kullanıldığı ve antihelmintik ve balgam söktürücü özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Tabata ve ark., 1994).

Bu çalışmanın amacı, alkilleyici bir ajan olan Mitomisin-C (MMC)'nin genotoksik etkisine karşı ışkın gövde ekstraktının olası koruyucu etkilerini mikronükleus testi kullanarak araştırmaktır.

2.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1.Bitki Materyali ve Ekstraksiyonu

Işkın bitki örnekleri Kars ili Kağızman ilçesi Kötek köyü (40°13'39.8"N 42°59'55.2"E) civarından 2023 yılı Haziran ayında toplandı. Bitki teşhisi için ışkın bitkisinin kök, gövde, yaprak, tohum ve çiçek kısımları toplandı. Toplanan bitki örnekleri Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Laboratuvarına getirilerek teşhis edildi. Halk arasında sıklıkla tüketilen gövde kısımları hava sirkülasyonu olan, karanlık bir ortamda kurutuldu. Kuruyan bitki örnekleri öğütücü (IKA A11 Staufen, Germany) yardımı ile öğütüldü. Öğütülen bitki örneği Soxhlet cihaz kartuşuna alınarak etanol ile çözücü berraklaşana kadar (10 saat) ekstrakte edildi. Elde edilen sıvı ekstrakt <2 µm gözenek boyutuna ve 110 mm çapa sahip filtre kağıtları (Grade 589/3, Whatman, İngiltere) kullanılarak filtrelendi. Filtrelenen ekstrakt örneği, 35–45 °C'de rotary evaporatör yardımı ile etanolü uzaklaştırıldı. Elde edilen ışkın ekstraktı 4 °C'de saklandı (Wang ve ark., 2006; Uluman ve Aksu-Kilicle, 2020).

2.2.Deney Hayvanları

Bu çalışmada daha önce herhangi bir çalışmada kullanılmamış 42 adet 3-4 aylık *Mus musculus* (albino) erkek fare kullanıldı. Çalışmada kullanılan fareler 22 ± 3°C ortam sıcaklığında, oniki saat ışıklı, oniki saat ışıksız ortamda belirli barınaklarda barındırılıp 15 günlük alıştırma süreci için standart yem ve su ile beslendi. 15 gün sonunda hayvanlar deney gruplarında belirtildiği gibi oluşturuldu. Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (KAU-HADYEK) tarafından 04.07.2024 tarihli ve 2024/06-143 sayı nolu izni ile yapıldı.

2.3.Deney Grupları

1. GRUP (7): Negatif kontrol (oral, distile su).

2. GRUP (7): 2 mg/kg Mitomisin-C (MMC) 15. gün intraperitonal yol ile verilerek 24 saatlik etkisine bakıldı (Siddique ve Afzal, 2009).

3. GRUP (7): 200 mg/kg RR. 15 gün boyunca verildi (oral). (Bati ve ark., 2023).

4. GRUP (7): 400 mg/kg RR. 15 gün boyunca verildi (oral). (Bati ve ark., 2023).

5. GRUP (7): 200 mg/kg RR + MMC. Bu gruptaki farelere 200 mg/kg RR 15 gün boyunca oral yol ile verildi. 15. günün sonunda 2 mg/kg MMC i.p. yol ile verilerek 16. gün deney sonlandırıldı.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

6. GRUP (7): 400 mg/kg RR + MMC. Bu gruptaki farelere 400 mg/kg RR 15 gün boyunca oral yol ile verildi. 15. günün sonunda MMC 2 mg/kg dozda i.p. yol ile verilerek 16. gün deney sonlandırıldı.

2.4. MN (Mikronükleus Testi)

Çalışmada mikronükleus tespitinde farelerin bir femuru çıkarılarak kemik iliği kullanıldı. Femur kemiği iki ucundan kesilerek, kemik iliği enjektör yardımı ile içerisinde 3 ml dana serumu bulunan santrifüj tüpüne aktarılıp, içerisinde kemik iliği numunesi bulunan tüpler 2000 rpm' de 5 dakika santrifüj edilerek süpernatantları atıldı. Tüpte kalan kısmın üzerine bir damla dana serumu konularak süspanse edilip, lamlar üzerine yayıldı. Yayma işleminden sonra metil alkolde 10 dakika fikse edildi. İlk kez Schmid tarafından geliştirilen kemik iliği preparatları, laboratuvar ve çalışma koşullarımıza göre uyarlanan bir yöntem ile hazırlandı. Fikse edilmiş preparatlar ilk önce % 0,25'lik May Grunwald boyası ile 5 dakika, daha sonra % 0,125'lik May Grunwald boyası ile 5 dakika tekrar boyandıktan sonra % 20'lik Giemsa boyası ile 30 dakika boyandı. Her preparattan rastgele 1000 adet PCE sayıldı. Bunların içerisinde MNPCE' lerin sayıları belirlenerek, yüzdeleri çıkartıldı (Schmid, 1975).

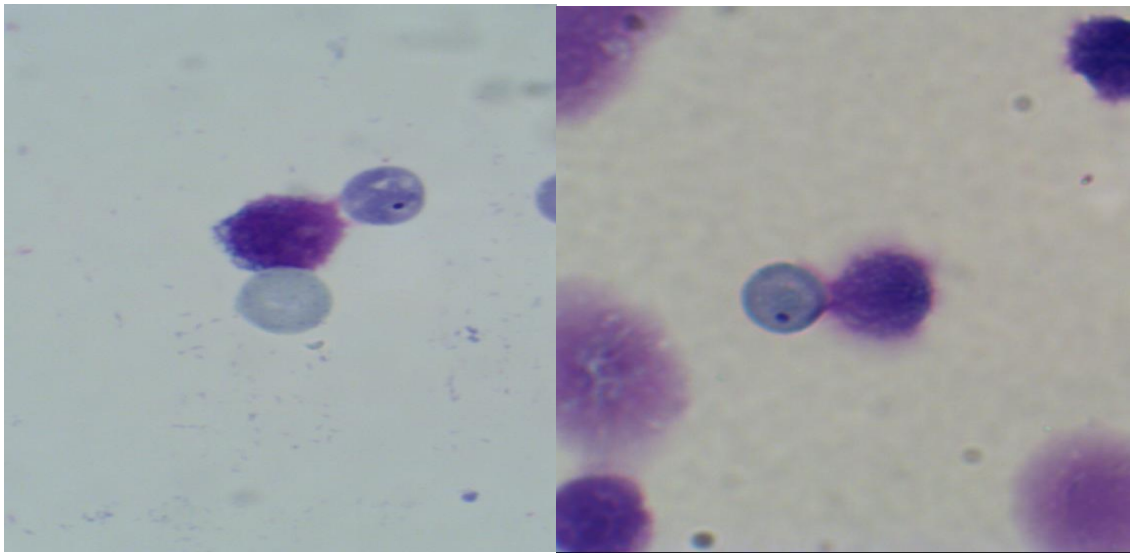
2.5.İstatistik

Çalışma sonucu verilerin istatistiksel olarak değerlendirmek için SPSS 22 programı kullanıldı. Grup içi normallik analizi için Shapiro Wilk-W Testi yapıldı. Gruplar arası kıyaslamalarda ise (One-way ANOVA) kullanıldı. Deney grupları arasındaki farklılığı tespit etmek amacı ile Tukey testi uygulandı. Sonucu $p<0.05$ tespit edilen veriler anlamlı olarak belirlendi.

3.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Mikronükleus bulguları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1: Çalışma sonucu elde edilen mikronükleuslu polikromatik eritrosit (MNPCE) örnekleri

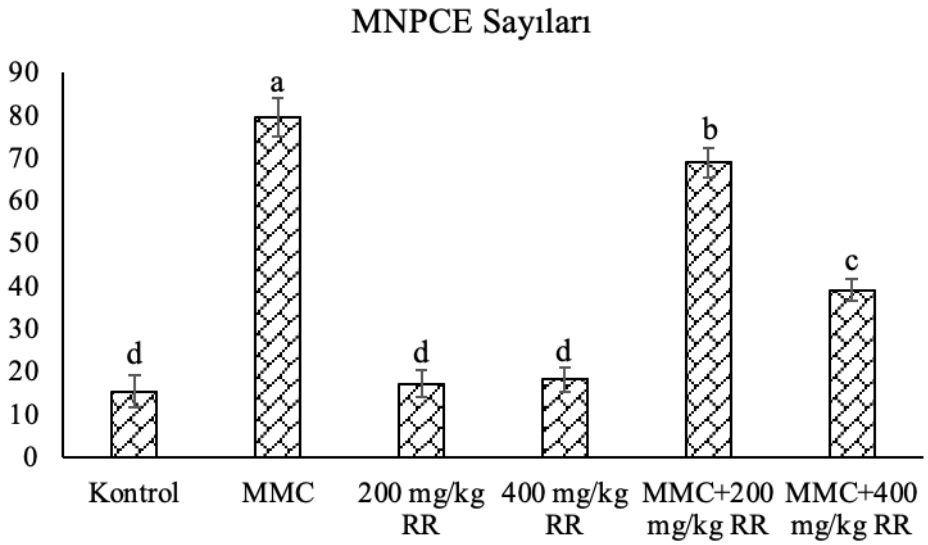
Çizelge 1: Belirlenen Grupların Mikronükleus Test Sonuçları

Kontrol	MMC	200 mg/kg RR	400 mg/kg RR	MMC+200 mg/kg RR	MMC+400 mg/kg RR
15.43 ± 3.82^{d}	79.71 ± 4.50^{a}	17.29 ± 3.20^{d}	18.29 ± 2.81^{d}	69.00 ± 3.51^{b}	39.14 ± 2.55^{c}

Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir ($P<0.001$).

Çalışma sonunda veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, kontrol grubuna kıyasla MMC ile ilgili gruplarda MNPCE sayılarının artış gösterdiği görülmektedir ($P<0.001$). Bununla birlikte MMC ile 200 mg/kg ve 400 mg/kg RR uygulamasına bağlı olarak MNPCE sayılarının sadece MMC grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde anlamlı düşüş sergilediği belirlenmiştir ($P<0.001$) (Çizelge 1, Görsel 2).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel üzerindeki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (P<0.001).

Görsel 2: Mikronükleus sonuçları

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yapılan çalışmada; MMC'nin genotoksik etkisine karşı ışkın bitkisinin antigenotoksik etkileri mikronükleus testi ile belirlenmiştir. Ayrıca ışkın bitki ekstraktının genotoksik etkili olmadığı buna karşın mikronükleus test sonucuna göre mikronükleus frekansını düşürücü etki gösterdiği tespit edilmiştir.
Yapılan birçok in vivo ve invitro çalışmada ışkın bitkisinin antisitotoksik, antigenotoksik, antimutajenik ve antioksidan özellikleri kaydedilmiştir.

Demirkaya ve arkadaşları (2019), *Rheum ribes* L. bitkisinden izole ettikleri parietinin HepG2 hepatoselüler karsinom hücrelerinde sitotoksik ve genotoksik etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada parietinin düşük konsantrasyonlarda sitotoksik etkiye sahip olduğu ancak genotoksik etki göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca parietinin hepatoselüler karsinom tedavisinde yardımcı ajan olarak kullanılabiceği ileri sürülmüştür (Demirkaya ve ark., 2019).

Abudayyak (2019), *Rheum ribes* ekstraktlarının HepG2 insan hepatoselüler karsinoma hücre hatları üzerindeki potansiyel genotoksik etkisini araştırmıştır. Çalışmada sitotoksisite ve genotoksisiteyi değerlendirmek için su, kloroform ve metanol gibi çözücüler kullanarak çeşitli ekstraksiyon yöntemleri denenmiştir. Sitotoksik etkiler MTT ve NRU testleri ile, genotoksik potansiyel ise Comet testi ile değerlendirilmiştir. MTT testi sonucuna göre, su, kloroform ve metanol ekstraktları için IC50 değerleri sırasıyla 14.29 mg/mL, 33.67 mg/mL ve 31.94 mg/mL olarak belirlenmiştir. NRU testine göre su ve metanol ekstraktları için IC50 değerleri sırasıyla 21.15 mg/mL ve 27.66 mg/mL olarak tespit edilmiştir. Kloroform ekstraktları, en yüksek konsantrasyonda (50 mg/mL) %32.8 hücre ölümüne neden olarak orta derecede sitotoksisite

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

gösterdiği tespit edilmiştir. Comet testi sonuçlarıa göre ise su ve kloroform ekstraktlarının DNA hasarına neden olmadığını, ancak metanol ekstraktının en yüksek konsantrasyonunun (50 mg/mL) HepG2 hücrelerinde DNA hasarını 8.7 kat artırdığı ileri sürülmüştür (abudayyak, 2019).

Azadpour ve arkadaşları (2020), *Rheum ribes* L. özütünün kanser hücre hatları üzerindeki sitotoksisite etkilerini (MTT testi ile) ve antibakteriyel ve mutajenite aktivitesini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çaşılmada sitotoksik etki değerlendirmesi için MTT testi, antibakeriyel aktivite değerlendirmesi için MBC ve MİK hesaplanması ve genotoksik (mutajenik) test potansiyeli için de Ames testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, *Rheum ribes* L. özütlerinin kanser hücre hatları üzerinde sitotoksik ve bazı bakterilere karşı antibakteriyel etkiler göstermiştir. Ayrıca, bu özütün mutasyona ve DNA hasarına neden olmadığı belirtilmiştir (Azadpour ve ark., 2020).

Batı ve arkadaşları yüksek kalorili diyet ile obezite oluşturulan ratlarda ışgının (*Rheum ribes* L) biyokimyasal parametreler, antioksidan aktivite ve DNA hasarı üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada isgin'in (*Rheum ribes*) DNA hasarını iyileştirdiğini ve farklı dokulardaki antioksidan parametre aktiviteleri üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini ileri sürmüşlerdir (Batı ve ark., 2023).

Işkın bitkisinin ZnO nanopartikülleriyle etkileşimi ve bu bileşiğin antidiyabetik, antibakteriyel, DNA hasarı önleyici ve lipid peroksidasyon önleyici aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada, ZnO nanopartikülleri ile etkileşen *Rheum ribes*'in biyokimyasal parametreleri, antioksidan aktivitesi ve DNA hasarı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, ZnO nanopartikülleriyle etkileşen *Rheum ribes*'in lipid peroksidasyonunu % 89.10 oranında inhibe ettiğini, DNA hasarını %92.12 oranında engellediğini ve antidiabetik etkilerinin belirgin olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu bileşiğin Gram-pozitif ve Gram-negatif mikroorganizmalar üzerinde antibakteriyel aktivite gösterdiği de belirlenmiştir (Meydan ve ark., 2022).

Sonuç olarak, halk arasında sebze olarak kullanılan ışkın bitkisinin genotoksik-antigenotoksik etkilerinin belirlenmesi çalışmanın özgünlüğü açısından son derece önemlidir. Çalışmamızda doğal içerikli ışkın bitkisinin uygun dozlamaların seçilmesi ve terapotik potansiyelinin araştırılması için deney hayvanlarında elde ettiğimiz bulgular sonucunda ışkın bitkisinin antigenotoksik potansiyeli ortaya konulmuştur. Terapotik potansiyeli yüksek doğal bileşenlerin canlı için kullanılabilirliğinin tespiti, bunların değerlendirilmesi, aynı zamanda etkili olacağı hastalıklarla mücadele ve bu hastalıkların tedavisi için gerekli olacak maliyetlerinde aşağı çekilmesinde ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ayrıca yapılan bu çalışma ile daha sonraki yapılacak olan projelere ve çalışmalara katkı sağlayacaktır.

5.KAYNAKÇA

Abu-Irmaileh, BE., Afifi, F.U. Herbal Medicine in Jordan with Special Emphasis on Commonly Used Herbs, Journal of ethnopharmacology, 89, 2-3, 193–197, 2003.

Abudayyak, M. In vitro Evaluation of *Rheum Ribes* Induced Genotoxicity in Hepg2 Cell Lines, Istanbul Journal of Pharmacy, 49, 3, 132-136, 2019.

Andiç, S., Tunçtürk, Y., Ocak, E., Köse, S. Some Chemical Characteristics of Edible Wild Rhubarb Species (*Rheum Ribes* L.), Res J Agric Biol Sci 5:973–977, 2009.

Azadpour, M., Farajollahi, M. M., Varzi, A. M., Hadipour, F., Barati, M. The Evaluation of Cytotoxicity Effects of *Rheum Ribes* L. (Rubarb) Extract on Cancer Cell Lines and Its Antibacterial and Mutagenicity Activity, Entomology and Applied Science Letters, 7-12, 2020.

Bati, B., Celik, I., Turan, A., Eray, N., Alkan, EE., Zirek, AK. Effect of Isgin (*Rheum Ribes* L.) on Biochemical Parameters, Antioxidant Activity and DNA Damage in Rats with Obesity Induced with High-Calorie Diet, Archives of Physiology and Biochemistry, 129,2, 298-306, 2023.

Bortolotti, M., Mercatelli, D., Polito, L. Momordica Charantia, a Nutraceutical Approach for Inflammatory Related Diseases, Front Pharmacol, 10, 486, 2019.

Cakilcioglu, U., Turkoglu, I. An Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants in Sivrice (Elazığ-Turkey), J. Ethnopharmacol., 132,1, 165–175, 2010.

Davis, PH. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, 3, 1970.

Demirkaya, AK., Gündoğdu, G., Dodurga, Y., Seçme, M., Gündoğdu, K. Parietinin Hepg2 Hepatoselüler Karsinom Hücrelerinde Sitotoksik ve Genotoksik Etkisinin Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 14,1, 29-37, 2019.

Kashiwada, T., Nonaka, Y., Nishioka, G., Yamagishi, I. Galloyl and Hydroxycinnamoyl Glucoses from Rhubarb, Phytochemistry, 27, 1473–1477, 1988.

Kaya, H., Tokgöz, H. B., Unal, R., Altan, F. The Effects of the *Rheum Ribes* Plant Extract on Inflammation, Extracellular Matrix Remodeling, and Obesity Suggest a Therapeutic Potential, Molecular Biology Reports, 50,6, 5223-5232, 2023.

Krishnaiah, D., Sarbatly, R., Nithyanandam, R. A Review of the Antioxidant Potential of Medicinal Plant Species, Food and bioproducts processing, 89,3, 217-233, 2011.

Meydan, I., Burhan, H., Gür, T., Seçkin, H., Tanhaei, B., Sen, F. Characterization of *Rheum Ribes* with Zno Nanoparticle and Its Antidiabetic, Antibacterial, DNA Damage Prevention and Lipid Peroxidation Prevention Activity of in vitro, Environmental Research, 204, 112363, 2022.

Önen, Ö., Aksu-Kılıçle, P., Doğan, ANC. Baharat Olarak Kullanılan Bazı Bitki Ekstraktlarının Memeliler Üzerindeki Genotoksik-Antigenotoksik Etkileri, Kafkas Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Dergisi, 10(2), 103-115, 2017.

Öztürk, M., Aydoğmuş-Öztürk, F., Duru, M. E., Topçu, G. Antioxidant Activity of Stem and Root Extracts of Rhubarb (*Rheum Ribes*): an Edible Medicinal Plant, Food chemistry, *103*,2, 623-630, 2007.

Schmid, W. The Micronucleus Test, Journal of Mutation Research, 31 (1): 9-15, 1975.

Shabab, S., Gholamnezhad, Z., Mahmoudabady, M. Protective Effects of Medicinal Plant Against Diabetes Induced Cardiac Disorder: A Review, Journal of Ethnopharmacology, 265, 113328, 2021.

Siddique, Y. H., Afzal, M. Antigenotoxic Effect of Apigenin Against Mitomycin C Induced Genotoxic Damage in Mice Bone Marrow Cells, Food and chemical toxicology, 47,3, 536-539, 2009.

Şeker, SK. (2016). Türk Lokumu Üretiminde Hatmi (*Althaea Officinalis* L.) Kökü Kullanımının Lokumun Kalite Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.

Tabata, M., Sezik, E., Honda, G., Yeşilada, E., Fukui, H., Goto, K., Ikeshiro, Y. Traditional Medicine in Turkey III. Folk Medicine in East Anatolia, Van and Bitlis Provinces, International journal of pharmacognosy, *32*,1, 3-12, 1994.

Tanker, N., Koyuncu, M. ve Coşkun, M. *Farmasötik Botanik Ders Kitabı*, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara 1993.

Uluman, E., Aksu-Kilicle, PA. The Investigation of the Possible Antigenotoxic in Vivo Effects of Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Peel Extract on Mitomycin-C Genotoxicity, Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, *44*(2), 382-390, 2020.

Wang, L., Curtis, L., Weller, S. Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants, Trends in Food Science and Technology,17 (6): 300-312, 2006.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KARADENİZ ve MARMARA DENİZLERİNDEN ÖRNEKLENEN ZARGANA, *Belone belone* (LINNAEUS, 1761) TÜRÜNÜN OTOLİT KÜTLE ASİMETRİSİNDEKİ ALANSAL VARYASYONLAR

Doç. Dr., MELEK ÖZPİÇAK*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Dr. Öğr. Üyesi, SEMRA SAYGIN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., SAVAŞ YILMAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ÖZET

Bu çalışmada, Karadeniz ve Marmara Denizi'nde ticari olarak avlanan zargana, *Belone belone* türünün otolit kütle asimetrisinin belirlenmesi ve lokasyonlar arasındaki alansal varyasyonların incelenmesi amaçlanmıştır. Karadeniz'den 64 birey, Marmara Denizi'nden ise 61 birey ticari avcılık gerçekleştiren balıkçılardan temin edilmiştir. Örneklerin total boyları ölçülmüş (±0,1 cm) ve sagittal otolitleri sağ-sol ayrımları yapılarak çiftler halinde çıkarılmıştır. Her bir sagittal otolit hassas terazi yardımı ile ±0,00001g hassasiyetle tartılmıştır. Otolit kütle asimetrisi (X) ve mutlak kütle asimetrisi ($|X|$) lokalitelere göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda ortalama otolit kütle asimetrisi (X±se) değerleri Karadeniz ve Marmara Denizi için sırasıyla 0,00262±0,007 ve -0,01869±0,0105, mutlak kütle asimetrisi ($|X|$±se) ise 0,04168±0,005 ve 0,04421±0,009 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, otolit kütle asimetrisi ve mutlak otolit kütle asimetrisinin lokaliteler arasında anlamlı farklılık göstermediği saptanmıştır (Mann-Whitney U Testi, P>0,05). Ayrıca, X ve $|X|$ değerlerinin Karadeniz ve Marmara Denizi için balık boyu ile ilişkili olmadığı belirlenmiştir (P>0,05). Otolit kütle asimetrisi, sucul ortamlarının sağlık durumunu test etmek ve balık populasyonları üzerindeki çeşitli çevresel etkilerini belirlemek için bir biyogösterge olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, Karadeniz ve Marmara Denizlerinden örneklenmiş olan *B. belone* türünün lokasyonlara göre otolit kütle asimetrisi ve mutlak otolit kütle asimetrisinin incelendiği ve balık boyu ile ilişkilerinin değerlendirildiği ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: *Belone belone*, otolit kütle asimetrisi, Karadeniz, Marmara Denizi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SPATIAL VARIATIONS IN OTOLITH MASS ASYMMETRY OF THE GARFISH, *Belone belone* (LINNAEUS, 1761) SAMPLED FROM THE BLACK SEA AND MARMARA SEA

Assoc. Prof. Dr., MELEK ÖZPİÇAK*
Ondokuz Mayıs University,
melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Asst. Prof., SEMRA SAYGIN
Ondokuz Mayıs University,
semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., SAVAŞ YILMAZ
Ondokuz Mayıs University,
savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ABSTRACT

This study aims to determine the otolith mass asymmetry of the commercially caught garfish, *Belone belone*, in the Black Sea and Sea of Marmara, and to examine the spatial variations between locations. A total of 64 individuals were collected by commercial fishermen from the Black Sea, and 61 individuals from the Sea of Marmara Sea. The total lengths of the specimens were measured (±0.1 cm), and sagittal otolith pairs were removed by making right and left distinctions. Each sagittal otolith was weighted with a precise balance to an accuracy of ±0.00001g. Otolith mass asymmetry (X) and absolute mass asymmetry ($|X|$) were calculated separately for each location. As a result of the analyses, the average otolith mass asymmetry (X±se) values were calculated as 0.00262±0.007 for the Black Sea and -0.01869±0.0105 for the Sea of Marmara, while the absolute mass asymmetry ($|X|$ ±se) values were 0.04168±0.005 for the Black Sea and 0.04421±0.009 for the Sea of Marmara. The results of this study indicated that there were no significant differences in otolith mass asymmetry and absolute otolith mass asymmetry between locations (Mann-Whitney U Test, $P>0.05$). Additionally, it was determined that the X and $|X|$ values were not related to fish length in either the Black Sea or the Sea of Marmara ($P>0.05$). Otolith mass asymmetry is used as a bioindicator to assess the health status of aquatic environments and determine the various environmental impacts on fish populations. This study is the first to investigate the otolith mass asymmetry and absolute otolith mass asymmetry of *B. belone* sampled from the Black Sea and the Sea of Marmara, and to evaluate their relationships with fish length.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Keywords: *Belone belone,* otolith mass asymmetry, Black Sea, Marmara Sea

1. GİRİŞ

Belonidae familyası, 10 cins ve 34 tür tatlı su ve deniz balığını içermektedir (Van Der Lann vd., 2014; Nelson vd., 2016). İğne balıkları olarak da bilinen bu familya bireyleri, uzun bir gövde ile keskin iğne benzeri dişlerle donatılmış gagaya benzer oldukça büyük bir ağız açıklığına sahiptirler. Zargana, *Belone belone* (L.,1761) ekonomik değeri yüksek olan, göçmen ve pelajik bir balıktır. Ayrıca Collet ve Parin (1970) türün 3 alt türe sahip olduğunu (*B. b. belone*, Linnaeus, 1761, *B. b. euxini*, Günther, 1866, *B. b. gracilis*, Lowe, 1839) belirtmişlerdir. Ancak son yıllarda *B. Belone* Akdeniz ve doğu Atlantik Okyanusu için geçerli tek endemik tür olarak kabul edilmiştir (Froese ve Pauly, 2024). Bu tür, Akdeniz ve Karadeniz'e ek olarak Norveç'ten Kanarya Adaları'na kadar acı su ve deniz ortamlarında yaşayarak geniş bir dağılım aralığı gösterir. Diğer pelajik Teleostlar gibi, oşinadrom bir türdür (Jardas, 1996). Kendini korumak için su yüzeyine sıçrayarak ilerleyebilen *B.belone'* nin pullarının çoğunda yeşil bir renk mevcuttur. Bu yeşil renk bir kalsiyum tuzu olan biliverdinden kaynaklanmaktadır (Çağlar, 1950).

Balıkların iç kulaklarında yer alan ve hayat hikayelerinin kayıt altına alındığı "kara kutular" olarak da tanımlanan otolitler, ses reseptörü ve balans organları olarak da görev yapan kalsifiye yapılardır (Schulz-Mirbach ve Ladich, 2016; Tuset et al., 2021). Kemikli balıkların iç kulaklarında asteriscus, lapillus ve sagitta olmak üzere üç çift otolit mevcuttur. Ayrıca otolitler sistematik tabanlı çalışmalarda ve birçok farklı çalışma alanında da tür spesifik oldukları için sıklıkla tercih edilmektedirler (Yilmaz et al., 2015; Mitsui vd., 2020; Tuset et al., 2021; Chesalin, 2021; Ozpicak et al., 2021; Pavlov, 2021; Pavlov, 2022; Jawad et al., 2023; Saygın, 2024; Charmpila vd., 2024; Neves vd., 2025).

Otolitler genellikle simetrik olarak büyürler, ancak sol ve sağ otolit kütleleri arasında ağırlık farklılıkları oluşabilir ve buna otolit kütle asimetrisi denilmektedir (Campana, 1999; Campana ve Thorrold, 2001). Otolit kütle asimetri katsayısı, çeşitli su ortamlarının sağlık durumunu test etmek (Grønkjær, 2016) ve balık populasyonları üzerindeki çeşitli çevresel etkileri belirlemek için bir biyogösterge olarak da kullanılmaktadır (Jawad vd., 2023). Literatür incelendiğinde farklı birçok deniz ve tatlı su balığında otolit kütle asimetrisi (OKA), mutlak kütle asimetrisi (MKA) ve balık boyu-OKA/OMA ilişkilerinin incelenmiş olduğu çalışmaların olduğu görülmüştür (Lychakov vd., 2006; Jawad vd., 2011; Jawad ve Sadighzadeh 2013; Bostancı vd., 2018; Kontas vd., 2019; Labidi vd., 2020; Bouriga vd., 2021; Yedier vd., 2022; Özpiçak ve Saygın, 2023). Otolit kütle asimetrisi ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda, incelenen balık türlerinin çoğunun otolit kütle asimetrisinin $-0{,}2<x<+0{,}2$ aralığında olduğu veya otolit kütle asimetrisinin %20'den küçük olduğu gözlenmiştir (Lychakov 1992; Lychakov ve Rebane 2004; Al Balushi vd., 2017; Jawad vd., 2020; Quindazzi vd., 2023).

Bu çalışmada, Karadeniz ve Marmara Denizleri' nden örneklenen zargana, *B.belone* balığının otolit kütle asimetrisinin belirlenmesi ve lokasyonlar arasındaki alansal varyasyonlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

B.belone örnekleri Marmara Denizi (N=61) ve Karadeniz'de (N=64) ticari avcılık gerçekleştiren balıkçılardan temin edilmiştir. Balık örnekleri, soğuk zincir kullanılarak OMÜ

İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiş ve üzerindeki yabancı maddelerin uzaklaştırılması amacı ile yıkanmıştır. Laboratuvara getirilen örneklerin total boyları ölçülmüş (0.1 cm), sağ ve sol ayrımları yapılarak sagittal otolitleri çiftler halinde çıkarılmıştır. Daha sonra sağ ve sol otolit ağırlıkları hassas terazi yardımıyla tartılmıştır (± 0,00001g). Otolit kütle asimetrisi (X) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$X = (M_R - M_L) / M$

MR sağ otolitin, ML sol otolitin kütlesini ifade etmektedir. M değeri ise sağ ve sol otolitlerin kütlelerinin ortalamasıdır. Bununla birlikte bu değer -2 ile +2 arasında değişiklik göstermektedir. X değeri pozitif olduğunda sağ otolit kütlesi sol otolit kütlesinden daha büyüktür ve negatif olduğunda ise bunun tersi durum söz konusudur. x = -2 veya x = +2 maksimum asimetriyi (bir otolitin yokluğunu) temsil etmektedir. Mutlak kütle asimetrisi (|x|), otolit kütle asimetrisinin mutlak değeri hesaplanarak belirlenmiştir. Balık boyu ile otolit kütle asimetrisi arasındaki doğrusal ilişkiler X=b.TL+a denklemi ile belirlenmiştir. Denklemdeki b değeri otolitin büyüme hızı ile karakterize edilen katsayı, a ise ilişki sabitidir (Lychakov vd., 2008). Öncelikle sağ ve sol otolit çiftleri arasında ağırlık bakımından farklılık olup olmadığı test edilmiştir. Lokaliteler arasında otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin fark gösterip göstermediği Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Analizlerde MİNİTAB 15.0, SPSS 21.0 ve Excel istatistiksel analiz paket programları kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR

Marmara Denizi'nden örneklenmiş olan zargana örneklerinin total boy değerleri 29,0 cm ile 41,2 cm arasında, Karadeniz örneklerinin total boy değerleri ise 24,3 cm ile 39, 0 cm arasında değişmektedir. Örneklere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. *Belone belone* bireylerinin balık boyu ve otolit ağırlıklarının tanımlayıcı istatistikleri

Lokalite	Değişken	Min	Maks	Ort± Sh	Ss
Marmara Denizi	TL (cm)	29,0	41,2	35,816±0,3525	2,7528
	Sağ otolit (g)	0,00182	0,00434	0,00317±0,00006	0,0005
	Sol otolit (g)	0,00216	0,00424	0,00323±0,00005	0,0004
Karadeniz	TL (cm)	24,3	39,0	31,844±0,3380	2,7036
	Sağ otolit (g)	0,00177	0,00356	0,00262±0,00005	0,0004
	Sol otolit (g)	0,00184	0,00356	0,00262±0,00005	0,0004

Min: Minimum, Maks: Maksimum, Ort: Ortalama, Sh: Standart hata, Ss: Standart sapma

Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda Marmara Denizi örnekleri için otolit kütle asimetrisinin -0,35625 ile 0,29375 arasında, mutlak kütle asimetrisinin 0,00000 ile 0,35625

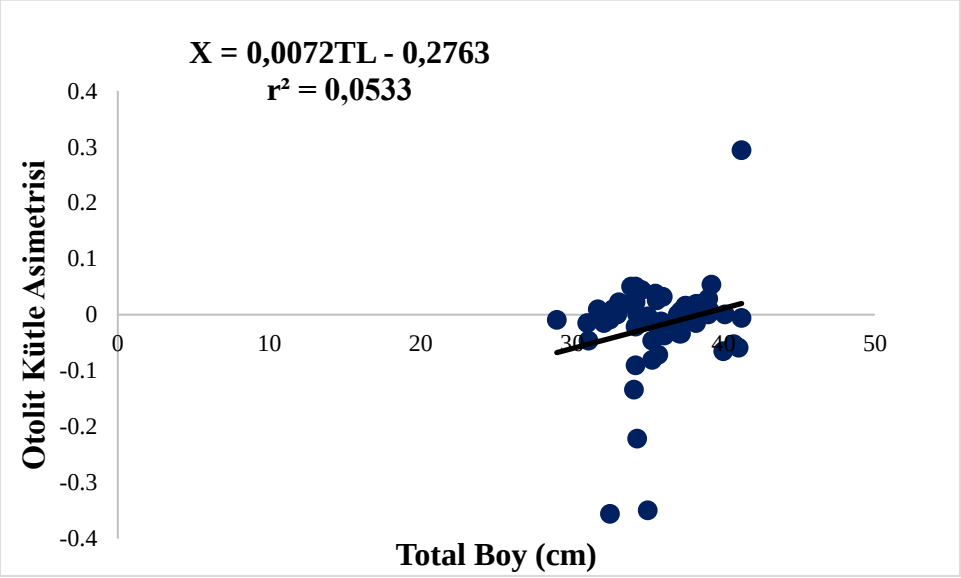
arasında; Karadeniz için ise otolit kütle asimetrisinin -0,21723 ile 0,19817, mutlak kütle asimetrisi ise 0,00000 ile 0,21723 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Lokalitelere göre otolit kütle/mutlak kütle asimetrisinin tanımlayıcı istatistikleri

Lokalite	Değişken	Min	Maks	Ort± Sh	Ss
Marmara Denizi	x	-0,35625	0,29375	-0,0186±0,0109	0,0857
	|x|	0,00000	0,35625	0,023322±0,004	0,0214
Karadeniz	x	-0,21723	0,19817	0,0026±0,0077	0,0623
	|x|	0,00000	0,21723	0,0416±0,0005	0,0460

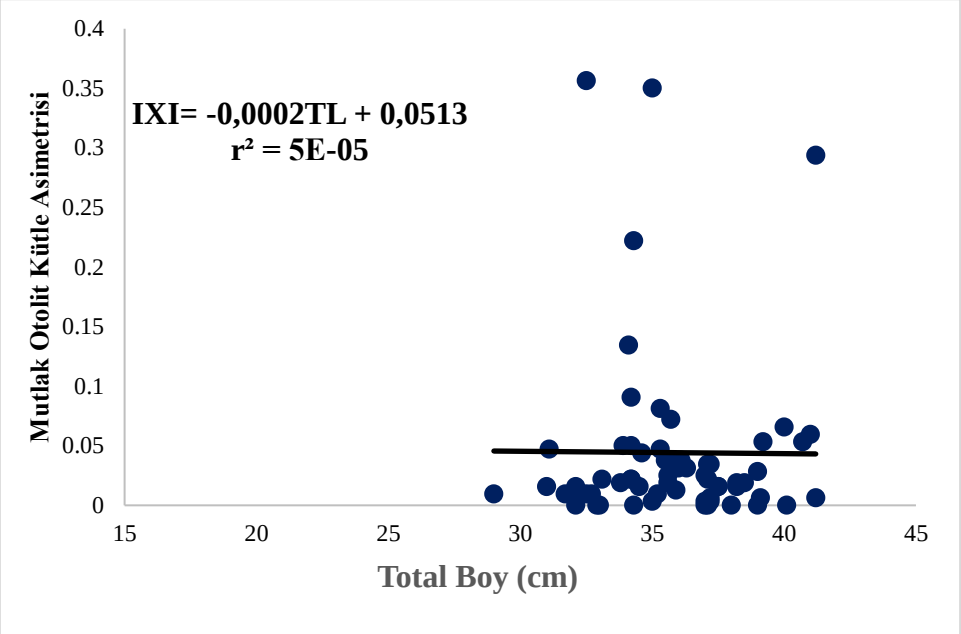
Türün otolit kütle asimetrisinin lokaliteler arasında farklılık göstermediği saptanmıştır (Mann-Whitney U test, P >0,05). Otolit mutlak kütle asimetrisinin de habitatlar arasında istatistiki olarak benzer olduğu tespit edilmiştir (Mann-Whitney U test, P >0,05).

Otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki doğrusal ilişki denklemleri Marmara Denizi ve Karadeniz için sırasıyla X=0,0072TL-0,2763 (r^2=0,0533) ve X=0,0017TL-0,0513 (r^2 = 0,0054) şeklindedir (Görsel 1-4). Her iki lokalitede de çizilen tüm doğrusal ilişkilerin P değeri dikkate alındığında otolit kütle/mutlak otolit kütle asimetrisinin balık boyu ile ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir (P>0,05).

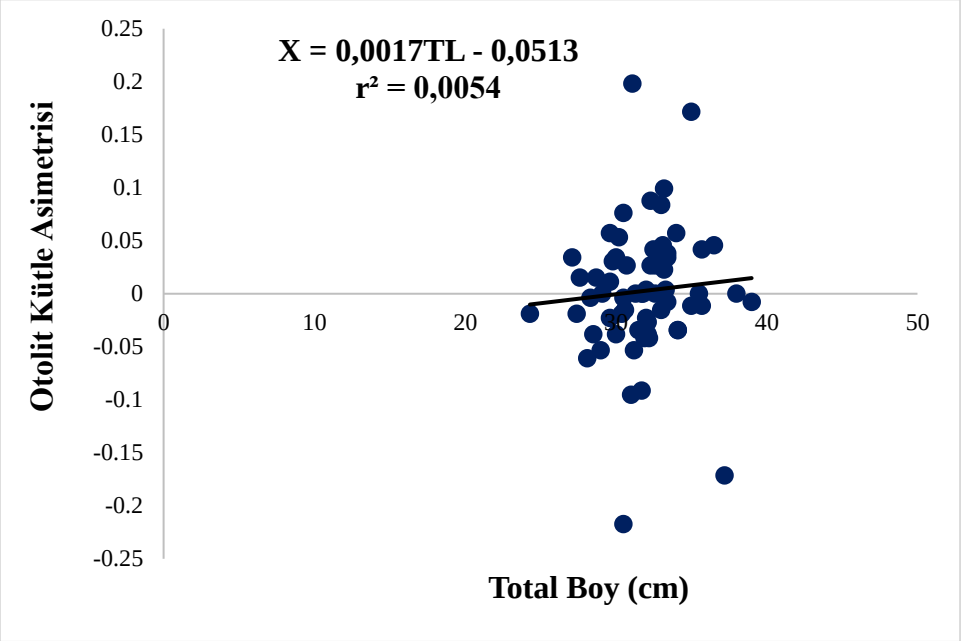


Görsel 1. Marmara Denizi zargana bireyleri otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki ilişki

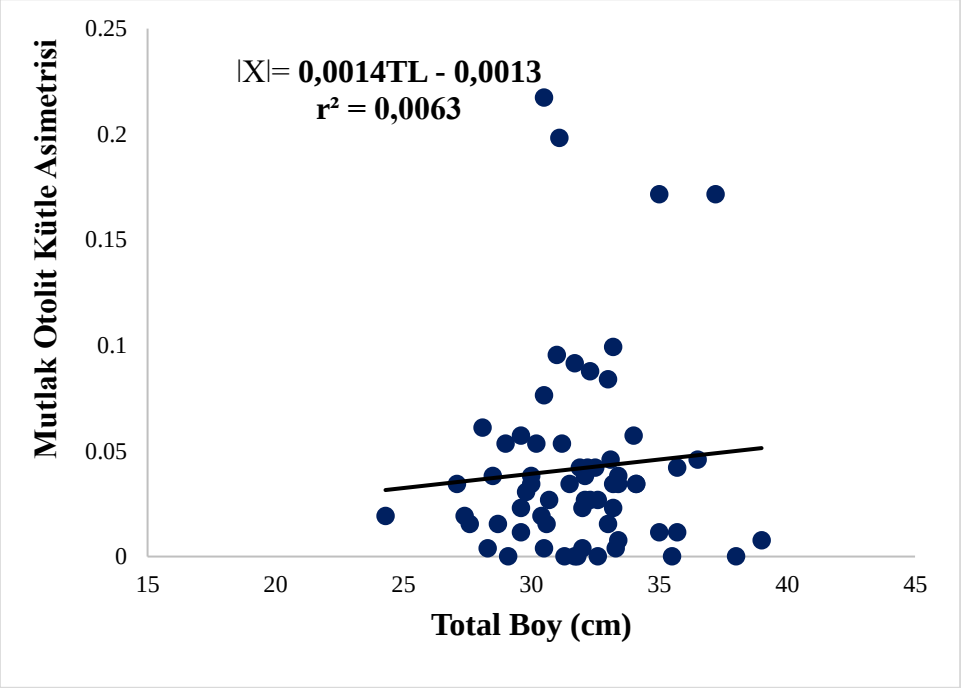
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Marmara Denizi zargana bireyleri mutlak otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki ilişki



Görsel 3. Karadeniz zargana bireyleri otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki ilişki



Görsel 4. Karadeniz zargana bireyleri mutlak otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki ilişki

4. GENEL DERĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Gerçekleştirilen analizler sonucunda ortalama otolit kütle asimetrisi (X±se) değerleri Karadeniz ve Marmara Denizi için sırasıyla 0,00262±0,007 ve -0,01869±0,0105, mutlak kütle asimetrisi (| X | ±se) ise 0,04168±0,005 ve 0,04421±0,009 olarak hesaplanmıştır. Lychakov vd (2006), otolit asimetrisiyle ilgili olarak yaptığı araştırmasında, otolit kütle asimetrisi (x) değerinin, -0,2 ve +0,2 aralığında olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda hesaplanan ortalama otolit kütle asimetrisinin de belirtilen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde Türkiye'de *B.belone* türünün otolit kütle asimetrisi ve otolit mutlak kütle asimetrisinin incelenmiş olduğu herhangi bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmüştür. Farklı balık türlerinin otolit kütle asimetrisi ve mutlak otolit kütle asimetrisinin incelendiği çalışmalar ise mevcuttur (Lychakov vd. 2006; Yedier vd. 2018; Kontaş vd., 2019; Bouriga vd., 2021, Jawad ve Adams, 2022; Özpiçak ve Saygın, 2023; İmamaoğlu vd., 2024). Otolit kütle asimetrisindeki farklılıklar, kirlilik, pestisitler, insektisitler, herbisitler, avcı baskısı, yiyecek ve ağır metal eksikliği, sudaki iyon değişimi, otolitlerde birikme sorunları, otolitlerin kristal yapıları (örn. aragonitik, vateritik) ve hastalık, genetik yatkınlık ve hatta bunların bir kısmının veya tamamının kombinasyonları ile de ilgilidir (Bostancı vd., 2017). Ayrıca, antropojenik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörlerin varyasyonlarının da otolitlerin gelişimi üzerinde dikkate değer etkilerinin olduğu da bilinmektedir (Munday vd., 2011).

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, hem otolit kütle asimetrisi hem de mutlak kütle asimetrisinin lokaliteler arasında fark göstermediği saptanmıştır (Mann-Whitney U Testi, P>0,05). Zargana balığı oşinadrom bir türdür. Bu durum Marmara ve Karadeniz zargana stoklarının birbirleri ile bağlantılı olması ile otolit kütle asimetrileri arasında fark bulunmamasını da desteklemektedir. Ayrıca, literatür incelendiğinde hem deniz hem de tatlısu

balıklarında otolit kütle asimetrisi ile mutlak otolit kütle asimetrisinin balık boyu ile ilişkilendirildiği farklı çalışmaların olduğu görülmüştür. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada; otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki doğrusal ilişki denklemleri Marmara Denizi ve Karadeniz için sırasıyla X=0.0072TL-0,2763 r^2 = 0,0533 ve X=0.0017TL-0,0513 r^2=0,0054, otolit mutlak kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki ilişkiler ise |X|=-0,0002TL+0,0513 (r^2=5E-05) ve |X|=0,0014TL-0,0013 (r^2=0,0063) olarak hesaplanmıştır. Sagittal otolit kütle asimetrisindeki farklılıklar total boy ile birlikte artmasına rağmen, bu durum pelajik balıklara göre dip balıklarında daha fazla görülen bir olgudur (Lychakov vd., 2006). Ancak mevcut çalışmanın sonuçlarına göre; her iki lokasyon içinde otolit kütle asimetrisinin total boy ile herhangi bir ilişki mevcut değildir. Ayrıca her iki lokasyonda da mutlak otolit kütle asimetrisi-toplam boy ($p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı hipotezi desteklememektedir (Jawad, 2013; Mille vd., 2015; Yedier vd., 2018; Bouriga vd., 2021).

Dünya çapında yapılan çok sayıda araştırmada otolit kütle ve şekil asimetrilerin incelenmiştir. Türkiye'de ise otolit kütle asimetrisi çalışmaları sınırlı saydadır (Yedier vd., 2018; Kontaş vd., 2019; Kurucu vd., 2019; Özpiçak ve Saygın, 2023; İmamoğlu vd., 2024). otolit kütle asimetrisi üzerine yapılan daha önceki araştırmalara göre, çevresel stres ile kirliliğe bağlı asimetri arasında bir bağlantı vardır (Jawad vd., 2012). Dolayısı ile otolit kütle asimetrisi çevresel stresin bir sonucu olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Bu çalışma, Marmara Denizi ve Ege Denizi'nden örneklenmiş olan zargana balığının otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin belirlendiği ve lokasyonlara göre kıyaslandığı, ayrıca otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin balık boyu arasındaki ilişkilerin incelenmiş olduğu ilk çalışmadır.

TEŞEKKÜR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından PYO.FEN.1901.23.002 proje numarası ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Van Der Laan R, Eschmeyer WN, Fricke R. Family-group names of recent fishes, Zootaxa. 3882(1), 1–230, 2014.

[2] Nelson JS, Grande TC, Wilson MVH. *Fishes of the World:* Fifth Edition. Fishes of the World: Fifth Edition, 1–707 p., 2016.

[3] Froose, R., Pauly, D., FishBase, 2024. *Belone belone* (Linnaeus, 1761). Available from: https://www.marinespecies.org/aphia.

[4] Jardas I. Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga. Zagreb. Školska knjiga, 533 p, 1996.

[5] Çağlar, M., *Belone belone*'nin yeşil renkli iskelet pigmenti hakkında. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Mec, III, 253-269, 1950.

[6] Collette, B.B., Parin, N.V., Needlefshes (Belonidae) of the Eastern Atlantic Ocean, Danish Science Press, 1970.

[7] Schulz-Mirbach, T., Ladich, F. *Diversity of inner ears in fishes: possible contribution towards hearing improvements and evolutionary considerations.* In Sisneros, J. (Ed.)

Fish Hearing and Bioacoustics: An Anthology in Honor of Arthur N. Popper and Richard R. Fay (343–394 pp), Springer International Publishing AG, 2016.

[8] Tuset, V.M., Otero-Ferrer, J.L., Siliprandi, C., Manjabacas, A., Marti-Puig, P., Lombarte, A. Paradox of otolith shape indices: routine but overestimated use, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 78, 6, 2021

[9] Yilmaz, S., Yazicioğlu, O., Yazici, R., Polat, N. Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey, Turkish Journal of Zoology, 39, 2015.

[10] Mitsui, S., Strüssmann, C. A., Yokota, M., Yamamoto, Y., Comparative otolith morphology and species identification of clupeids from Japan. Ichthyological Research, 67, 502-513, 2020.

[11] Chesalin, M.V., Otolith shape analysis of the Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) (Perciformes: Carangidae) from the coastal waters of Sevastopol and Balaklava (the Black Sea), Russian Journal of Marine Biology, 47, 2021.

[12] Ozpicak, M., Saygin, S., Yilmaz, S., Polat, N. Otolith phenotypic analysis for the endemic Anatolian fish species, Caucasian bleak *Alburnus escherichii* Steindachner, 1897 (Teleostei, Leuciscidae), from Selevir Reservoir, Akarçay Basin, Turkey. Oceanological and Hydrobiological Studies, 50, 2021.

[13] Pavlov, D. A., Otolith morphology and relationships of several fish species of the suborder Scorpaenoidei, Journal of Ichthyology, 61, 33-47, 2021.

[14] Pavlov, D.A. Otolith morphology in gibel carp *Carassius gibelio* and crucian carp *C. carassius* (Cyprinidae), Journal of Ichthyology, 62, 2022.

[15] Jawad, L. A., Shamsan, E. F., Aguilar, G., Hoedemakers, K., Scanning electron microscopy and morphological analysis reveal differences in the otolith morphology of three species of the family Lethrinidae (Teleostei: Perciformes) from Yemen, The Anatomical Record, 306, 2023.

[16] Saygin, S., Otolith shape analysis of red mullet, *Mullus barbatus* (Mullidae) in Turkish Waters of the Aegean, Black, and Mediterranean Seas, Journal of Ichthyology, 1-11, 2024.

[17] Charmpila, E. A., Teimori, A., Reichenbacher, B., Otolith-based species identification in the killifish *Aphaniops* (Teleostei; Cyprinodontiformes; Aphaniidae) using both morphometry and wavelet analysis, Acta Zoologica, 2024.

[18] Neves, J. M., da Silva, V. E., Assis, I. O., Fabré, N. N., Interspecific otolith shape and genetic variability as tools for identifying tropical sympatric and congeneric mullet species, Regional Studies in Marine Science, 81, 103969, 2025.

[19] Campana, S. E. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications, Marine ecology progress series, 188, 1999.

[20] Campana, S. E., Thorrold, S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58, 1, 2001.

[21] Grønkjær, P., Otoliths as individual indicators: A reappraisal of the link between fish physiology and otolith characteristics, Marine and Freshwater Research, 67, 2016.

[22] Jawad, L. A., Shamsan, E. F., Aguilar, G., Hoedemakers, K., Scanning electron microscopy and morphological analysis reveal differences in the otolith morphology of three species of the family Lethrinidae (Teleostei: Perciformes) from Yemen. The Anatomical Record, 306, 2023.

[23] Lychakov, D. V., Rebane, Y. T., Lombarte, A., Fuiman, L. A., Takabayashi, A., Fish otolith asymmetry: morphometry and modeling, Hearing Research, 219 (1-2), 1-11, 2006.

[24] Jawad, L.A., Al-Mamry, J.M., Al-Mamari, H.M., Al-Yarubi, M.M., Al-Busaidi, H.K., Al-Mamary, D.S. Otolith mass asymmetry in *Rhynchorhamphus georgi* (Valenciennes, 1846) (Family: Hemiramphidae) collected from the Sea of Oman. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 17,1, 2011.

[25] Jawad, L. A., Sadighzadeh, Z. Otolith mass asymmetry in the mugilid fish, *Liza klunzingeri* (Day, 1888) collected from Persian Gulf near Bandar Abbas. Anales de Biología 35, 2013.

[26] Bostanci, D., Yedier, S. Discrimination of invasive fish *Atherina boyeri* (Pisces: Atherinidae) populations by evaluating the performance of otolith morphometrics in several lentic habitats, Fresenius Environmental Bulletin, 27, 2018.

[27] Bostancı D, Türker D, Yedier S, Kontaş S, Kurucu G. Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'nde yaşayan sarıkuyruk istavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner 1868)'un otolit karakterlerinde dalgalı asimetrinin incelenmesi, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8, 2018.

[28] Bostancı, D, Kontaş S, Yedier S, Kurucu G, Polat N. Otolith mass asymmetry of *Barbus tauricus* and *Capoeta banarescui* inhabiting Melet River, Ordu, Turkey. Paper presented at: International Ecology Symposium; Kayseri, Turkey, 2017.

[29] Kontas, S., Bostancı, D., Polat, N. Determination of otolith mass asymmetry in *Barbus tauricus* Kessler, 1877 inhabiting lower Melet River (Ordu, Turkey). Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 5, 3, 2019.

[30] Labidi, M. B., Mejri, M., Shahin, A. A., Quignard, J. P., Trabelsi, M., Faleh, A. B. Otolith fluctuating asymmetry in Boops boops (Actinopterygii, Sparidae) from two marine stations (Bizerte and Kelibia) in Tunisian waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 100(7), 2020.

[31] Bouriga, N., Mejri, M., Dekhil, M., Bejaoui, S., Quignard, J. P., Trabelsi, M. Investigating otolith mass asymmetry in six benthic and pelagic fish species (Actinopterygii) from the Gulf of Tunis, Acta Ichthyologica et Piscatoria, 51, 2, 2021

[32] Ozpicak, M., Saygın, S. Investigation of otolith mass asymmetry in three stocks of European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from Türkiye, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, 2023.

[33] Lychakov, D. V. Morphometric studies of fish otoliths in relation to vestibular function, Zh. Evol. Biokhim. Fiziol. 28, 1992.

[34] Al Busaidi, H. K. Otolith mass asymmetry in *Lutjanus ehrenbergii* (Peters, 1869) collected from the Sea of Oman, International Journal of Marine Science, 7, 2017.

[35] Jawad, L., Gnohossou, P., Tossou, A. G. Bilateral asymmetry in the mass and size of otolith of two cichlid species collected from Lake Ahémé and Porto-Novo Lagoon (Bénin, West Africa). In Anales de Biología, 42, 2020.

[36] Lychakov, D. V., Rebane, Y. T., Lombarte, A., Demestre, M., Fuiman, L. A. Saccular otolith mass asymmetry in adult flatfishes, Journal of Fish Biology, 72, 10, 2008.

[37] Yedier, S., Bostanci, D., Kontaş, S., Kurucu, G., Polat, N., Fluctuating asymmetry in otolith dimensions of *Trachurus mediterraneus* collected from the Middle Black Sea. Acta Biologica Turcica, 31(4), 152-159, 2018.

[38] Jawad, L.A., Adams, N.J. Otolith mass asymmetry in the Australian anchovy *Engraulis australis* (White, 1790) predated by Australasian gannets Morus serrator (Gray, 1843), Hauraki Gulf, New Zealand. Cahiers de Biologie Marine, 63, 4, 2022.

[39] Ozpicak, M., Saygın, S. Investigation of otolith mass asymmetry in three stocks of European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from Türkiye, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, 2023.

[40] İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S., Investigation of otolith mass asymmetry of *Squalius* sp. populations sampled from different freshwater sources in Samsun Province (Türkiye), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2), 479-494, 2024.

[41] Bostancı, D., Kontaş, S., Yedier, S., Kurucu, G., Polat, N., Otolith mass asymmetry of *Barbus tauricus* and *Capoeta banarescui* inhabiting Melet River, Ordu, Turkey. Paper presented at: International Ecology Symposium; Kayseri, Turkey, 2017.

[42] Munday, P.L., Hernaman, V., Dixson, D.L., Thorrold, S.R.., Effect of ocean acidification on otolith development in larvae of a tropical marine fish, Biogeosciences Discussions, 8, 2011.

[43] Jawad, L., Otolith mass asymmetry in C*arangoides caerulepinnatus* (Rüppell, 1830) (family: Carangidae) collected from the sea of Oman. Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo, 71(1), 37-41, 2013.

[44] Mille, T., Mahe, K., Villanueva, M. C., De Pontual, H., Ernande, B., Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes. Journal of Fish Biology, 87(3), 646-663, 2015.

[45] Jawad, L. A., Al-Mamry, J. M., Al-Mamary, D., Al-Hasani, L., Study on the otolith mass asymmetry in *Lutjanus bengalensis* (Family: Lutjanidae) collected from Muscat City on the Sea of Oman. Journal of FisheriesSciences. com, 6(1), 74, 2012.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AMONYUM MONOOKSİGENAZ FONKSİYONEL GENİ İLE AMONYAK OKSİDE EDİCİ BAKTERİLERİN KÜLTÜRE BAĞIMSIZ YÖNTEM OLAN QPCR İLE SAYIMI

Duygu ERDOĞAN
Ege University, Faculty of Science, Department of Biology, 35100 Bornova, İZMİR
ORCID ID: 0000-0000-1023-7865
Prof. Dr. İhsan YAŞA
Ege University, Faculty of Science, Department of Biology, 35100 Bornova, İZMİR
ORCID ID: 0000-0002-0477-1377

ÖZET

Doğal çevrelerde, azot fiksasyonu ve mineralizasyonu gibi mikrobiyal faaliyetler ile gerçekleşen döngüler sayesinde ototroflar için gerekli azot kaynakları olan nitrat ve amonyum tekrar tekrar kullanıma sunulur ve böylece sucul ve karasal çevrelerde azot döngüsü sürdürülebilir bir tarzda sürer.

Bu yüksek lisans çalışmada, İzmir Körfezi'nin kıyısal alanlarından ve kent merkezinde körfezin iç ve orta körfez olarak adlandırılan bölümlerine dökülen dere havzalarından olmak üzere toplam 10 farklı yerden alınan deniz suyu örneklerinde kültüre edilmesi çok zor olan nitrifiye edici bakteriler, QPCR kullanılarak nitel olarak takip edilmiştir.. Amonyak okside edici bakterilerin (AOB) miktarı gerçek zamanlı PCR (Real Time PCR (RT-PCR / qPCR)) ile yapılan kültüre bağımsız sayımlarla (4.0–9.2x105 hücre g/1 deniz suyu) belirlenmiştir, Örneklerdeki nitrifikasyon potansiyeli ise 0,1-1 µg / L-1h-1 deniz suyu olarak bulunmuştur. AOB'in sayısının nitrifikasyon potansiyeline bağlı olmaksızın nispeten stabil olduğu görülmüştür. AOB'in sayısının Arkael Amonyak okside edici (AOA) türlerle orantılı olabileceği ileri sürülebilir. Bu çalışma ile AOB ve AOA için filogenetik ve metabolik bir marker olan yanında, AMO (amonyum monooksigenaz) nitrifikasyon işleminde de anahtar ve hız sınırlayıcı bir enzim olması yanında çevresel kalitenin de bir indikatörü olarak kullanabileceği gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: Nitrifikasyon potansiyeli, Nitrifiye edici bakteriler, QPCR, amonyum monookosigenaz

ABSTRACT

In natural environments, cycles driven by microbial activities, such as nitrogen fixation and mineralization, make nitrate and ammonium, which are essential nitrogen sources for autotrophs, available again and again, so that nitrogen cycling in aquatic and terrestrial environments continues in a sustainable manner.

In this thesis, nitrifying bacteria, which are very difficult to cultivate, were qualitatively monitored using qPCR in seawater samples collected from 10 different locations, including coastal areas of the Gulf of Izmir and river basins in the city center that flow into the inner and middle parts of the Gulf. The amount of ammonia oxidizing bacteria (AOB) was determined by culture-independent counts (4.0-9.2x10^5 cells g/1 seawater) using Real Time PCR (RT-

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PCR/qPCR), and the nitrification potential in the samples was found to be 0.1-1 µg/L-1h-1 seawater. The number of AOB was found to be relatively stable regardless of the nitrification potential. In addition to being a phylogenetic and metabolic marker for AOB and AOA, ammonium monooxygenase is a key and rate-limiting enzyme in the nitrification process and can be used as an indicator of environmental quality.

Keywords: Nitrification potential, Nitrifying bacteria, QPCR, ammonium monooxygenase

1. GİRİŞ

Doğadaki tüm canlıların hayatını sürdürebilmesi için gereken makro besin maddelerinden en önemlilerinden biri azottur. Azot döngüsündeki alan mikrobiyal oksidasyon ve redüksiyon tepkimeleri doğal ekosistemler için oldukça önemlidir. Bu reaksiyonlar sırasında oluşan azot formları farklı canlılar için besin ve enerji kaynağıdır. Azota bağlı kirliliğinin kontrolünde azot formlarının biyolojik faaliyetler ile dengelenmesi anahtar role sahiptir. Mikrobiyal azot döngüsü asimilasyon, amonifikasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, azot fiksasyonu ve anaerobik amonyak oksidasyonunu (anammoks) içerir ki bu döngüde amonyak oksidasyon prosesi hız sınırlayıcıdır. Amonyak oksidasyonu nitrojen döngüsünde çok önemli
bir basamaktır ve yakın zamana kadar sadece amonyak okside eden bakteriler tarafından yürütüldüğü ileri sürülmekteydi. Son araştırmalar archeal domainde yer alan yeni amonyak okside eden prokaryotların varlığını ortaya koymuştur. Amonyak oksidasyonundan sorumlu kemolitotrofik mikroorganizmaların iki ana grubu amonyak okside edici bakteriler (AOB) ve amonyak okside edici arkea (AOA) lardır (Wang vd., 2011). AOB Nitrosomonas sp., Nitrosococcus sp., Nitrospira sp. dir. İlk olarak tropikal sucul sistemlerden izole edilen amonyak okside edici arkea ise “Candidatus Nitrosopumilus maritimus”tur. Daha sonra sırayla Candidatus Cenarchaeum symbiosum, Candidatus Nitrosocaldus yellowstonii sıcak termal kaynaklarda, denizel ve tatlısu ortamlarında (Ando vd 2009 ve Park vd 2008), aktif çamur sistemlerinde (Limpiuakorn vd 2011), topraktan (Okano vd 2004,) ve atık su arıtım sistemlerinde (Yapsaklı vd 2011)varlıkları gösterilmiştir. AOB ve AOA oldukça düşük büyüme hızlarında büyüyen prokaryotik türlerdir.Bunun sonucu olarak kültüre edilmeleri son derece zaman alıcı bir iştir. Düşük büyüme hızları, uzun inkübasyon süreleri, kolonilerinin ancak büyüteç ile görülebilmeleri ve hızlı büyüyen heterotrofik bakterilerler ile kontaminasyon veya istilası gibi zorluklar bu mikroorganizmaların kültüre bağımlı tekniklerle saf kültüre alınmasını ve sayımlarını zorlaştırmaktadır. (Krishnani vd., 2010) Ancak kültüre bağımsız DNA bazlı teknikler, çevresel örneklerde bu mikroorganizma popülasyonlarının sayımı ve tür çeşitliliğinin belirlenmesinde oldukça kolaylıklar sağlar.
Kültüre bağımsız tekniklerden sayım ve tür çeşitliliğin belirlenmesi için en çok kullanılanları, PCR, RT- PCR, reverse transkriptaz PCR, FISH ve DGGE teknikleridir. RT-PCR uygulamaları, nitrifiye edici mikroorganizmaların çevresel örneklerde zamana bağlı tür ve sayısal değişimlerinin takibinde oldukça yüksek bir hassasiyete sahiptir.
Çevresel örneklerdeki AOB ve AOA’ların Real time PCR ile sayımında amoyum mono oksigenaz (amoA) fonksiyonel geni ve 16S rDNA gibi filogenetik özelliklerden faydalanılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Karasal ve sucul ekosistemlerde nitrifikasyon aktivitesi oldukça AOB ve AOA gibi özel mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu mikroorganizmalar çevresel değişimlere, çevresel streslere ve toksik maddelere oldukça duyarlıdır. Nitrifiye edici türlerin sayısı ve ortamdaki nitrifikasyon potansiyeli su ve toprak örneklerindeki kirlilik ve ötrofikasyon gibi ekolojik kalitenin mikrobiyolojik bir parametresi olarak oldukça kullanışlıdır.
Bu çalışmada denizel örneklerdeki nitrifiye edici bakterilerin sayısı ve nitrifikasyon potansiyeli belirlenerek nitrifikasyon dinamikleri ile fiziksel ve kimyasal kirlilik parametreleri arasında ilişkinin çevre koruma ve sürdürülebilirlik için moleküler yaklaşımları ile birlikte kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Su Örneklerinin toplanması ve ve amoA geninin PCR ile çoğaltılması

Çalışmada kullanılacak çevresel su örnekleri 5 L steril şişelerde 10 farklı lokaliteden toplanmıştır. Genomik DNA izolasyonu, PowerWater DNA Isolation kiti (MO BIO Labs) ile yapılmıştır. Elde edilen genomik DNA'ların bütünlükleri agaroz jelelektroforezinde, saflık kontrolleri ve miktar tayinleri ise Spektrofotometrik olarakThermo Scientifik-Nanodrop 2000c cihazında gerçekleştirilmiştir. Bakteriyel *amoA* gen fragmentlerinin amplifikasyonunda amoA1F ve amoA2R primerleri kullanılmıştır (Rotthauwe ve ark., 1997).

2.2. amoA gen PCR ürününün klonlanması ve RT-PCR

pGEM-T Easy Vector System II (Promega) kullanılarak Taq polimeraz ile çoğaltılan PZR ürünleri plazmid vektöre aktarılarak Escherichia coli JM109 hücrelerine klonlanmıştır. Mavi-beyaz koloni seçimine göre insert DNA içerdiği düşünülen beyaz koloniler, daha önce hazırlanmış olan ampisilin içeren 5'er ml'lik LB sıvı besiyerlerine inoküle edilerek 37 ^{o}C'de çalkalamalı olarak 1 gece inkübasyona bırakılmış ve plazmid izolasyonu için İnvitrogen PureLink®Quick Plasmid Miniprep Kit'i kullanılmıştır. Bakteriyel amoA genleri sırasıyla, amoA 1F, amoA 2R primer çiftleri kullanılarak çoğaltılmıştır (Park ve ark., 2008). RT-PCR analizleri Fast Start SYBR green (Roche Mannheim, Germany) kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra oluşturulan standarttan faydalanarak örneklerdeki nitrifiye edici bakteri sayıları, AOB hücre sayıları, "AOB gen kopyası /2.5 = bir amonyak okside edici hücre" denklemi ile hesaplanmıştır.

2.3. Nitrifikasyon Potansiyelinin Belirlenmesi

Nitrifikasyon potansiyeli optimal durumdaki (laboratuvar koşullarında) maksimum nitrifikasyon aktivitesini ortamda oluşan nitrat miktarının tayini ile ilişkilendiren belirleyen bir yöntemdir (Bloem et al.,2008). Nitrifikasyon potansiyeli spektrofotometrik olarak saatte 1 litre örnekteki amonyumdan oluşturulan nitrat miktarı (µg NO3/L) olarak hesaplanmıştır.

3.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Su örneklerinden izole edilen DNA örneklerinin A260/A280 oranları 1,69-2,17 aralığında saflıkta olduğu bulunmuştur. Bu DNA'lar belirtilen primer seti kullanılarak bakteriyal *amoA* geninin klasik PZR'ı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PZR ürünlerinin %1,5 lik agoraz jel elektroforezinde yaklaşık 491 bp uzunluğunda *amoA* geni fragmentleri içerdiği gösterilmiştir. Bakteriyal *amoA* gen ürünleri pGEM-T easy Vector System II kiti kullanılarak Escherichia coli JM109'a klonlanmıştır. Farklı örneklerden elde edilen total DNA'ların, spesifik primer çiftleri ile fast start syber green boyası kullanılarak RT-PCR analizleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bakteri örneklerinin gen kopya sayısını hesaplayabilmek için *Escherichia coli* JM109'dan elde edilen plazmidler kullanılarak 10^1-10^8 kopya olacak şekilde seyreltmeler oluşturulmuştur. Standart olarak bu seyreltmeler kullanılarak *amoA* genine bağlı nitrifiye edici bakterilerin sayımı gerçekleştirilmiştir. Amonyak okside eden nitrifiye edici *amoA* genine bağlı bakteri sayıları sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz dönemlerindeki en yüksek sonbahar örneklerinde 4 numaralı örnekte 9,5 x 10^3 adet/ml, kış örneklerinde ocak ayında 6 numaralı örnekte 2,5x103 adet/ml, ilkbahar örneklerinde mayıs ayında 9 numaralı örnekte 8,0 x10^3 adet/ml ve yaz örneklerinde temmuz ayında 10 numaralı örnekte 4,3x10^4 adet/ml olarak hesaplanmıştır.

Çalışmamızda alınan su örneklerinde amonyum ilavesi ile ortamdaki amonyak okside edici bakteriler tarafından oluşturulan nitrat miktarları standart nitrat grafiği kullanılarak hesaplanmış ve örneklerin nitrifikasyon potansiyelleri olarak değerlendirilmiştir. Amonyak okside eden nitrifiye edici bakterilerin sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz dönemlerindeki nitrifikasyon potansiyelleri izlenmiş ve sonbaharda en yüksek nitrifikasyon potansiyeli 5 numaralı örnekte 0,54 µg $L^{-1}h^{-1}$, kış örneklerinde 5 numaralı örnekte 0,41 µg $L^{-1}h^{-1}$, ilkbahar örneklerinde 4 numaralı örnekte 0,63 µg $L^{-1}h^{-1}$ ve yaz örneklerinde ise 6 numaralı örnekte 0,95 µg $L^{-1}h^{-1}$ olarak belirlenmiştir.
Nitrifikasyon oranlarının yaz aylarında ortalamaya göre yüksek, kış aylarında da ortalamaya göre düşük tespit edilmesi literatürle uyumlu ve beklenen bir sonuçtur. Ergüder ve arkadaşları (2009) ise kaplıca, jeotermal maden, gübresiz ve gübreli doğal ortam toprağı, akvaryum, biyofiltrasyon sistemleri ve açık deniz su örneklerinde gerçekleştirdiği çalışma ile farklı pH değerlerinde bile AOA aktivitesini tespit etmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

RT-PCR tekniği, çevresel örneklerdeki karmaşık komünitelerde oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunan spesifik fonksiyonel genlerin ve filogenetik bölgelerin sayısal olarak belirlenmesinde günümüzde çok tercih edilen ve kullanılan güçlü bir tekniktir. Toprak, denizel çevrelerde ve sulak alanlar, nehirlerde, aktif çamur sistemleri, atık su arıtım sistemleri AOB ve AOA çeşitliliğini ve bolluğunu belirlemek amacıyla Amonyum monooksigenaz fonksiyonel geni kullanılarak kültüre bağımsız moleküler tekniklerle yoğun çalışmalar yapılmıştır. RT-PCR tekniği ile belirlenen AOB sayısı ve kültüre bağlı tekniklerde belirlenen AOB sayısından daha yüksek olduğunu pek çok çalışmada gözlenmiştir.
Bu mikroorganizmalar çevresel değişimlere (sıcaklık değişimi, oksijen miktarı, pH, tuzluluk), çevresel streslere ve toksik maddelere (ağır metaller, antibiyotikler, çeşitli kimyasallar) oldukça duyarlıdır. Anahtar prokaryotik bir fonksiyon olarak nitrifikasyon su ve toprak örneklerindeki ekolojik kalitenin mikrobiyolojik bir parametresi, indikatördür veya özel olarak azota bağlı kirliliğin bir erken uyarı belirtecidir.
Bu çalışmada İzmir körfezi kıyısal alanlarından alınan su örneklerinde fiziksel ve kimyasal kirlilik parametrelerinin belirlenmesine alternatif olarak, nitrifikasyon ve AOB sayıları arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması çalışılmıştır.
Mevsimsel ölçümlerde nitrifiye edici bakteri sayılarının ve nitrifikasyon potansiyellerinin büyük değişiklik göstermediği, nitrifikasyonun kesintisiz bir proses olduğu belirlenmiştir. Bu durum doğal ortamlarda en sık rastlanan bakteri grubu olan Nitrifiye edici bakteriler için mutlaktır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, organik madde, ağır metal ve pestisit analizleri gibi kirlilik analizleri ile nitrifikasyon potansiyeli ve AOB sayısının karşılaştırmalı analizleri ve bu verilere dayalı modellemeler özellikle sucul ortamlarda kirlenmenin kaynağının belirlenmesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ve kirlenmenin bertarafında erken önlem alınmasına olanak sağlayarak büyük katkı sağlayacaktır. Yine de, çevresel streslere son derece hassas olan nitrifiye edici mikroorganizmaların insan etkisinin yoğun olduğu sucul alanlarda bile hem sayısal ve aktivite yönünden mevsimsel olarak çok değişmeden varlıklarını sürdürmeleri prokaryotik çeşitlikte nitrifikasyonun doğada daima var olan esnek bir süreç olarak sürdüğünü göstermektedir.

KAYNAKÇA

1. Ando Y. , Nakagawa T. , Takahashi R. , Yoshihara K. , Tokuyama T. Seasonal Changes in Abundance of Ammonia-Oxidazing Bacteria and Their Nitrification in and of an Eelgrass Zone , Microbes Environ. , 24, 1,2009.
2. Bloem, J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. Microbiological Methods for assessing soil quality, CABI, Oxfordshire, UK, 307 p. 2008.
3. Krishnani K. K. Kathiravan V. A quantitative method for detecting ammonia oxidizing bacteria in coastal aquaculture systems, Aquaculture Research,41, 2010.
4. Limpiyakorn T. junierhiphand P., Rongsayamanont C., Polprasert C.Abundance of amoA genes of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in activated sludge of full-scale wastewater treatment plants. Bioresource Technology 102,2011.
5. Okano Y., Hristova R. K., Leutenegger C. M., Jackson L. E., R. Denison F., Gebreyesus B., Lebauer D., and Scow K. M. Application of Real-Time PCR To Study Effects of Ammonium on Population Size of Ammonia-Oxidizing Bacteria in Soil, Applied And Environmental Microbiology, 70,2,2004.
6. Park S., Park B. , Rhee S. Comparative analysis of archaeal 16S rRNA and amoA genes to estimate the abundance and diversity of ammonia-oxidizing archaea in marine sediments, Extremophiles 12,2008.
7. Roothauwe J., Witzel K., Liesack W., 1997, The Ammonia Monooxygenase Structural Gene amoA as a Functional Marker: Molecular Fine-Scale Analysis of Natural Ammonia-Oxidizing Populations , Applied and Environmental Microbiology , 63, 12, 1977.
8. Yapsakli K. , Aliyazicioglu C., Mertoglu B. Identification and quantitative evaluation of nitrogen-converting organisms in a full-scale leachate treatment plant , Journal of Environmental Management 92,2011.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

9. Wang S. ,Wang Y., Feng X., Zhai L., Zhu G., 2011, Quantitative analyses of ammonia-oxidizing Archaea and Bacteria in the sediments of four nitrogen-rich wetlands in China. Appl Microbiol Biotechnol, 90, 2011.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TİCARİ *Agaricus bisporus* ATIKLARINDAN SULU İKİLİ FAZ SİSTEMİ İLE LAKKAZ GERİ KAZANIMI

Ebru GÜLEÇ
Ege University, Faculty of Science, Department of Biology, 35100 Bornova, İZMİR
ORCID ID: 0000-0000-1700-8480
Prof. Dr. İhsan YAŞA
Ege University, Faculty of Science, Department of Biology, 35100 Bornova, İZMİR
ORCID ID: 0000-0002-0477-1377

ÖZET

Lakkazlar (EC 1.10.3.2, benzendiol: oksijen oksidoredüktaz) ilk defa bitkilerden izole edilen ancak mantar ve bazı bakterilerde de bulunan geniş kullanımı olan endüstriyel enzimlerdendir. Fungal lakkazlar, ligninin parçalanması, sporulasyon, pigment üretimi, meyve oluşumu ve bitki patogenezi gibi süreçlere aracılık eden anahtar enzimlerdir. Lakkazlar ticari olarak üretilen yenilebilir şapkalı mantar atıkları ve misellerini içeren atık mantar kompostunda bulunan en önemli ligninolitik enzimlerden birisidir. Bu çalışmada, Agaricus bisporus üretim tesisi atıklarından toplanan sap kısımları kullanılarak lakkaz geri kazanımı için düşük maliyetli sulu ikili faz sisteminin (ATPS) kullanımı araştırılmıştır. Sulu ikili faz sistemi tuz ve poli etilen glikol (PEG) polimerinden oluşmaktadır Sulu ikili faz sisteminde, PEG konsantrasyonu ve moleküler ağırlığı, tuz türü ve sistem pH parametreleri ile birlikte optimize edilerek en iyi lakkaz veriminde enzimin geri kazanımı sağlanmıştır.

Çalışmada, lakkaz enzim kaynağı olarak Agaricus bisporus atık mantar sapı kullanılmıştır. %12.21 kuru madde olan atık mantar sapından elde ettiğimiz ham enzim ekstraktının protein miktarı 3.9 mg/ml ve spesifik aktivitesi 13.713 U/mg olarak saptanmıştır. Sulu ikili faz sistemi ile faz hacim oranı<1.0 olan en yüksek değerlerin alındığı pH 4.60'daki %10 PEG-1000 / %12.5 Na2SO4 / %1 ham enzim ekstraktı karışımıyla oluşturulan kombinasyon, enzimin protein miktarı 0.46 mg/ml aktivitesi 16.144 U/mg, saflaştırma katsayısı 1.20, enzim geri kazanımı %94.06 ve %86'lık verim ile saflaştırılmıştır. Ultrafiltrasyon sonucu protein miktarı 1.1 mg/ml, aktivitesi 24.171 U/mg olduğu görülmüştür. Ham ekstraka göre enzim 1.76 kat saflaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Sulu ikili faz sistem, Agaricus bisporus, Lakkaz geri kazanımı, yenilebilir şapkalı mantar atıkları

LACCASE RECOVERY FROM COMMERCIAL *AGARICUS BISPORUS* WASTES BY AQUEOUS-TWO PHASE SYSTEM

ABSTRACT

Laccases (EC , benzendiol: oxygen oxidoreductase) are industrial enzymes of wide application, first isolated from plants but also found in fungi and some bacteria. Fungal laccases are key enzymes mediating processes such as lignin degradation, sporulation, pigment production, fruit formation and plant pathogenesis. Laccases are one of the most important ligninolytic enzymes found in commercially produced edible mushroom waste and waste mushroom compost containing mycelia. In this study, the use of a low-cost aqueous two phase system (ATPS) for

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

laccase recovery was investigated using stalk fractions collected from Agaricus bisporus production facility waste. The aqueous binary phase system consists of salt and poly ethylene glycol (PEG) polymer. In ATPS, PEG concentration and molecular weight were optimized together with salt type and system pH parameters to determine the best laccase concentration and enzyme recovery.ATPS was assembled from a mixture of polymers such as poly ethylene glycol (PEG) and salts. By evaluation of molecular mass, concentration of PEG, type of salt and system pH parameters, the best laccase concentrates in ATPS were determined.
In the study, *Agaricus bisporus* waste mushroom stalk was used as laccase enzyme source. The protein content of the crude enzyme extract obtained from 12.21% dry matter waste mushroom stalk was 3.9 mg/ml and the specific activity was 13.713 U/mg. With the aqueous binary phase system, the combination of 10% PEG-1000 / 12.5% Na2SO4 / 1% crude enzyme extract mixture at pH 4.60, where the highest values were obtained with a phase volume ratio <1.0, the protein content of the enzyme was 0.46 mg/ml activity 16.144 U/mg, purification coefficient 1.20, enzyme recovery 94.06% and 86% yield. Ultrafiltration resulted in a protein amount of 1.1 mg/ml with an activity of 24.171 U/mg. The enzyme was purified 1.76 times compared to the crude extract.
Keywords: Aqueous two phase system, *Agaricus bisporus*, recovery of laccase. edible mushroom waste

1. GİRİŞ

Dünyada kültürü yapılan mantar türlerinin sayısının artmasına parelel olarak üretilen mantar miktarında da artışlar görülmektedir. *Agaricus* spp., *Pleurotus* spp., *Lentinus, Agrocybe aegeita, Volvariella volvacea, Flammulina velutipos, Tremella fuciformis Auricularia, Morchella* spp., *Ganoderma lucidum,* gibi türlerin ticari üretimi büyük ölçekte yapılmaktadır. Ülkemizde ise mantar üretim hacmi bakımından ilk 20 ülke arasında yer almaktadır ve son yıllarda üretimi katlanarak artmakta olduğu rapor edilmektedir.Üretimin Akdeniz, Marmara, İç Anadolu, Ege Bölgelerinde üretimin yoğunlaştığı görülmektedir. Kültürü yapılan başlıca mantar türleri olarak *Agaricus bisporus, Pleurotus ostreatus* ve *Lentinus odedes* ilk sıralarda yer almaktadır(Şen ve Yalçın., 2010).
Bitki ve hayvan orijinli atıkların karışımından oluşan ve kültür mantarı yetiştiriciliğinde ana girdilerden biri ve üretim ortamı olan kompostun hazırlaması uzmanlık gerektiren ve verimi en çok etkileyen bir bileşendir. Mantar hasatı sonrasında kalan atıklar atık mantar kompostu (SMC: Spent Mushroom Compost veya SMS: Spent Mushroom Substrate) olarak isimlendirilmektedir (Jordan et al., 2008). SMC; yüksek organik madde, zengin mineral bileşimi, mantar miselyumu, mantarın ticari olmayan sap ve bunların komposta gömülü dip kısımlarını barındırmaktadır. 1 kg taze mantar hasatında yaklaşık olarak 5 kg SMC oluşmaktadır(Finney et al., 2009).
Atık mantar kompostu mantar üretim tesislerinin büyük miktarlarda atık mantar kompostunun ortaya çıktığı bildirilmektedir . Atık mantar kompostu gübre veya ekstraselüler enzim kaynağı olarak kullanımı hem çevresel hem ekonomik yönden büyük ilgi çekmektedir. Selülaz, proteaz ve glikozidazlar gibi ekstraselüler enzimlerin yanında oksidoredüktaz sınıfı bir enzim olan Lakkaz (benzenediol: oksijen oksidoredüktaz; EC 1.10.3.2) hem fenolik hem de fenolik olmayan ligninle ilişkili bileşikleri okside edebildiği gibi biyolojik yıkıma dirençli olan

kirleticileride oksitleyebilmesi açısından en ilgi çekenidir. Çoklu-bakır içeren bir protein olan lakkaz, radikal katalizli reaksiyon mekanizması ile aromatik ve aromatik-olmayan farklı bileşiklerin oksidasyonu için moleküler oksijeni kullanmaktadır. Lakkaz enzimlerinin ticari uygulamalarının önündeki en önemli sorun yeterli enzimin bulunmaması ve redoks-aracılarının fiyatıdır (Tuncer, 2010). Bu problemlerin çözümüne yönelik önemli çalışmalar ise son zamanlarda hız kazanmıştır. Bu nedenle, Lakkaz enzimlerinin ucuz ve yüksek miktarda üretimini sağlayacak olan hammaddelerin araştırılması ve bu enzimlerin çok daha aktif ve kullanılabilir olması için çalışmaların büyük önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, nispeten organik kökenli ve temiz bir hammadde olarak Agaricus *bisporus* atık mantar saplarından, sulu ikili faz sistemi ve ardından konsantre etmek için ultrafiltrasyon kullanımı ile ticari değeri giderek artan fungal lakkaz enziminin saflaştırılması ve kısmi olarak saflaştırılan bu enzimin preparatının aktivitesi ve stabilitesine etkili pH ve sıcaklık değerlerinin de belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Lakkaz enzim kaynağı olarak; *Agaricus bisporus* hasatından sonra, atık mantar kompostunda bulunan atık mantar sapları (AMS) kullanılmıştır. Hammadde PEMA Mantarcılık (Foça-İzmir) üretim tesislerinden sağlanmıştır. AMS örnekleri temizlenmiş ve -80 °C'de aniden donması sağlanmıştır. Dondurulmuş örnekler liyofilizatörde kurutulmuş ve buzdolabında +4 °C'de bekletilmiştir.

2.1. Ekstraksiyon Veriminin ve Lakkaz Aktivitesinin Belirlenmesi

AMS tozu %1.0 olacak şekilde pH 4.6 asetat tamponu içinde 1 dk. 4. kademede vorteks (VWR, Almanya) ile karıştırılarak buzdolabında 30 dk. +4 °C'de bekletilmiş sonrasında 7000 rpm'de 10 dk. santrifüjlenmiştir Ekstraksiyon verimini belirlemek için 1. ekstraktın süpernatantı alınarak alınan miktar kadar kalıntı üzerine pH 4.6 asetat tamponu eklenmiştir. Aynı prosedür uygulanarak 9. ekstrakta kadar işleme devam edilmiştir. Lakkaz enzim aktivitesi, yapay bir substrat olan ABTS'nin oksidasyonunun izlenmesi yoluyla ölçülmüştür (Irshad et al., 2011). Bu yöntem, lakkaz aktivitesi ölçümünde (Bourbannais and Paice, 1990) çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Enzimatik reaksiyon toplam 1 ml'lik reaksiyon hacminde gerçekleştirilmiştir. 1 mM pH 4.6 asetat tamponunda hazırlanmış 0.9 ml ABTS çözeltisi üzerine pH 4.6 asetat tampon ile uygun seyreltik 0.1 ml enzim çözeltisi ilave edilmiştir. Enzim aktivitesi, reaksiyon karışımının spektrofotometrede 420 nm'de 3 dk.'lık inkübasyon periyodunda absorbanslarının kinetik olarak ölçülmesiyle gerçekleştirilmiştir.1 Unit (U) enzim aktivitesi; reaksiyon koşullarında, dakikada 1 µMol ABTS'yi okside eden enzim miktarı olarak ifade edilmiştir.

Lakkaz örnekleri protein konsantrasyonlarının belirlenmesi için Bradford metodu kullanılmıştır.

2.2. Lakkazın ATPS ile Kısmi Saflaştırılması

Çalışmamızda sulu ikili faz denemeleri için (Benavides and Rito-Palomares,2004) 4 PEG ve 4 tuz stok çözeltileri hazırlanmıştır. Stok PEG %50 (w/v) konsantrasyonda (PEG 1000, 1450, 3350, 8000 g/mol) çözeltileri ve stok tuz (%30, w/v) (sodyum di hidrojen fosfat/di potasyum mono hidrojen fosfat, sodyum sülfat, amonyum sülfat ve magnezyum sülfat) çözeltilerinin hazırlanmasında distile su kullanılmıştır.Hazırlanan çözeltiler pH 4.6'ya getirilmişlerdir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Sulu ikili faz sistemi 15 ml'lik dereceli santrifüj tüplerinde toplam miktar 5 g olacak şekilde hazırlanmıştır(Mayola-Deloisa et al., 2009). Ham enzim ekstraktı sistemin %1'ini oluşturacak şekilde ilave edilmiştir ve son sistem ağırlığı olan 5 g'a tamamlamak için bidistile su kullanılmıştır. Karışım 1 dk. 1. kademede vorteks ile karıştırılmış ve faz ayrımının oluşması için 30 dk oda sıcaklığında (25°C) bekletilmiştir. Fazların tamamen ayrılması için, sonrasında 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Alt ve üst fazın hacimleri kaydedilmiştir. Her fazın lakkaz enzim aktivitesi ve protein miktarları yapılmıştır.

2.3.PEG ve Tuz Seçimi

PEG molekülü (%50'lik PEG-1000) sabit tutularak, %30'luk 4 tuz çözeltisinin sistemde farklı oranlarda 15 ml'lik santrifüj tüpünde toplam 5 g karıştırılmalarıyla en uygun tuz türünün belirlenmesinin ardından, tuz miktarı sabit tutulup %50 PEG 1000, 1450, 3350 ve 8000 sistemde en uygun tuz çözeltisiyle ekstraktaki lakkaz enziminin dağılımı çalışılmıştır.

2.4. Dağılım parametreleri

Fazlar arasındaki dağılım davranışları aşağıdaki bazı parametrelerin değerlendirilmesi ile istenilen biyomolekülün etkin bir ayrımının yapılması mümkün olabilmektedir (Hatti-Kaul, 2000; Mohamadi, 2007).Bunlar: (a) Faz Hacim Oranı (VR), (b) Protein Dağılım Katsayısı (Kp), (c) Lakkaz Enziminin Dağılım Katsayısı (Ke), (d) Spesifik Aktivite (SA), (e) Saflaştırma Katsayısı (PF), (f) Lakkaz Enziminin Geri Kazanımı (%R) , (g) Verim (%Y) ve Lakkaz Enziminin Selektivitesi (α)dir.

2.5 PEG fazından enzimin alınması

Enzimin toplandığı PEG fazından enzimi konsantre etmek ve PEG'i ayırmak için 10 000 kDA'luk membrandan ultrafiltrasyonu yapılmıştır.

2.6. Lakkaz Aktivitesine etkili Bazı Parametrelerin Belirlenmesi

Kısmi saflaştırılan lakkaz enziminin aktivitesine etkili sıcaklık ve pH; ayrıca sıcaklık ve pH'nın enzim stabilitesi üzerine etkisi de araştırılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

AMS liyofilizatörde kurutulduktan sonra, 100 g yaş mantar atığından 12.21 g mantar kurusu elde edilmiştir. 1 g atık mantar sapı tozundan, 9 ekstraksiyon sonucu elde edilen toplam enzim aktivitelerinin %80.46'lık kısmını ilk 2 ardışık ekstraksiyonun adımı yeterli olmuştur. Ham enzim ekstraktının, protein miktarı 3.9 mg/ml ve aktivitesi 53.330 U/ml olarak hesaplanmıştır. Farklı oranlarda PEG ve tuz çözeltilerinin karıştırılmasıyla hazırlanan sistemlerde fazların ayrılması gerçekleşmiş ve böylece lakkaz enziminin dağılımı sağlanmıştır. Faz ayrılmasıyla; PEG çözeltisi üst fazı, tuz çözeltisi ise alt fazı oluşturmuştur. PEG-tuz sulu ikili faz sistemlerinde, üst fazı oluşturan PEG fazında toplanan lakkaz enziminin en yüksek geri kazanımı (%R) Na_2SO_4 ile hazırlanmış olan sistemlerde görülmüştür. %10 PEG-1000 ve %12,5 Na2SO4 sisteminde en yüksek lakkaz geri kazanım sağlanmıştır. Na2SO4'ın diğer sülfat tuzlarına oranla ((NH4)2SO4, MgSO4) daha kolay faz oluşturması ve hidrofobik etkileşimi arttırma özelliğine sahip olması, enzimin PEG fazına ilerlemesini sağlamıştır (Yue et al,2007). Fazlar arasındaki hidrofobik farkın arttırılması PEG ve protein molekülleri
arasındaki hidrofobik etkileşimlerin daha da arttıracağından iyi bir saflaştırmaya neden olmuştur.

Lakkaz enziminin PEG-Na2SO4 sisteminde tuz konsantrasyonunun dağılıma etkisini incelemek için %10 PEG-1000 ile tuzun % 10, 12.5, 15, 17.5, 20'lik oranları kullanılmış ve

Na2SO4 konsantrasyonu %12.5 olduğunda başlangıca göre saflaştırma 1.21 kat artmakta ve geri kazanım %94.06 olmaktadır.

PEG molekül kütlesi arttıkça enzimin dağılma katsayısını ve geri kazanımın düştüğü görülmektedir. Buradan, PEG molekül kütlesinin enzim dağılım katsayısına, PEG 1000 ile en yüksek geri kazanım elde edilmiştir.

En iyi geri kazanımın alındığı %10 PEG-1000 / %12.5 Na2SO4 sulu ikili faz sisteminde ham enzim ekstraktının %1-7 oranlarında sisteme ilavesiyle en yüksek geri kazanım %1 ham enzim ekstraktında %94.06 olarak alınmıştır. Protein konsantrasyonunun sistemde doygunluk sınırına ulaşması ve daha yükseğe çıkması proteinlerin çökmesine ve buna bağlı olarak da geri kazanımın düşük olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle %7 ham ekstrakt ilavesinde en düşük değer olan %21.34'lük bir geri kazanım olmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda, enzimi bulunduğu PEG fazından ayırarak enzimi deriştirmek için preperatın 10 000 kDA'luk membranda ultrafiltrasyonu yapılmıştır. Konsantre edilen enzimin; protein miktarı 1.1 mg/ml, spesifik aktivitesi 24.171 U/mg olarak bulunmuştur. Ultrafiltrasyon sonrasında enzim başlangıç ham enzim ekstratına oranla 1.76 kat saflaştırılmıştır.

Agaricus bisporus atık mantar sapından elde ettiğimiz lakkazın optimum pH değeri 4.6, optimum sıcaklık 50°C olarak saptanmıştır.pH 4.0 -9.0 aralığında farklı tampon çözeltilerinde yapılan 10 günlük aktivite takibi sonucunda, AMS'dan elde edilen lakkaz enziminin pH 4.6'da en kararlı olduğunu ve %30'luk bir aktivite kaybına uğradığı görülmüştür. En yüksek aktivite kaybı ise pH 9.0'da %80 olarak saptanmıştır.

AMS'dan elde edilen lakkaz enzimine ait sıcaklık stabilitesinin ise 20°C %25 ve 30°C'de %35'lik aktivite kaybıyla en stabil dereceleri oluşturmaktadırlar. En fazla aktivite kaybıda 70°C'de olup testin 4. saatinde %70'lik bir aktivite kaybı görülmüş ve 24. saatte hiç aktvite saptanmamıştır.

AMS'dan elde edilen lakkazın depo kararlılığı çalışmalarında ise enzimin +4 °C'de 3 aylık takibi süresinde 2. aydan sonra aktivitede %30'luk bir düşüş olduğu, 3. ayda da aktivitenin %50'sinden fazlasının korunduğu görülmüştür

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışmamızda, Agaricus bisporus atık mantar kompostundan gözle görülen ve kolaylıkla elle toplanabilen *Agaricus bisporus* atık mantar sap kısımları lakkaz kaynağı olarak kullanımı gösterilmiştir.*Agaricus bisporus* atık mantar sapı kullanılarak 1 g kuru atık mantar sapından ekstraktının protein miktarı 3.9 mg/ml ve spesifik aktivitesi 13.713 U/mg lakkaz enzimi çözeltisinden 2 katına yakın bir saflıkta ve aktivite ve stabilite özellikleri ortaya çıkarılmıştır.

KAYNAKÇA

1.Barilaro, D., Barone, G.,Crupi, V., Majolino D.Characterization of Archeological Findings by FT-IR Spectroscopy, Spectroscopy, April, 20,4, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.Şen S. ve Yalçın M., Dünya ve Türkiye'de Kültür Mantarcılıgı ve Gelistirilmesi , III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi,Artvin,Cilt: III:2010.

3. Jordan S.N., Mullen G.J. and Murphy M.C., 2008, Composition variability of spent mushroom compost in Ireland, Bioresour Technol, 99:411-418,2008.
4. Finney K.N., Ryu C., Sharifi V.N. and Swithenbank J., , The reuse of spent mushroom compost and coal tailings for energy recovery: comparisonof thermal treatment technologies, Bioresour Technol, 100:310-315 , 2009a.
5. Tuncer M., Lakkaz, kısım 1: yapısı, katalitik özellikleri ve dağılımları, FenBilimleri Enstitüsü Dergisi, 22: 19-63, 2010,
6. Irshad M., Asgher M., Sheikh M.A. and Nowaz H. Purification and characterization of laccase produced by Schyzophylum commune IBL-06 insolid state culture of banana stalks, BioResources 6(3): 2861-2873,2011.
7. Mayolo-Deloisa K., Trejo-Hernández M.R. and Rito-Palomares M., 2009,Recovery of laccase from the residual compost of Agaricus bisporus inaqueous two-phase systemsProcess Biochemistry, 44:435-439 pp.
8. Hatti-Kaul, R. Aqueous Two-Phase Systems, Methods and Protocols,Humana Press Inc., New Jersey, Editor: R. Hatti-Kaul,440 p.2000.
9. Mohamadi H.S., Omidinia E. and Dinarvand R., 2007, Evaluation of recombinant phenylalanine dehydrogenase behavior in aqueous two-phase partitioning, Proces Biochemistry 42:1296-1301,2007.
10. Yue H., Yuan Q. and Wang W., 2007, Purification of phenylalanine ammonialyase in PEG1000/Na2SO4 aqueous two-phase system by a two-step extraction, Biochemical Engineering Journal 37: 231-237,2007.
11. Bourbonnais R. and Paice M.G., 1990, Oxidation of non-phenolic substrates: an expanded role of laccase in lignin biodegradation, FEBS Lett., 267:99-102,1990.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

NATURE TOURISM and MACROZOOBENTHIC COMMUNITY STRUCTURE of DÜDEN STREAM: THE EXAMPLE OF DÜDEN CAVE, SARICAKAYA (ESKİŞEHİR, TÜRKİYE)

Çağatay Eray YILDIZ[1], Assist. Prof. Dr. Deniz MERCAN[1], Ahmet MUTİMOL[1], Prof. Dr. Naime ARSLAN[1]

ORCID ID: 0000-0002-5526-8501, 0000-0002-9193-2510

E-Posta: dkara@ogu.edu.tr**,** oligo2009@gmail.com,

Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science, Department of Biology, Eskişehir, Türkiye

ABSTRACT

Recently, there have been serious discussions on tourism and the environment in the world and in Türkiye. The focus of the discussions is on the fact that tourism damages environmental values. One of these environmental problems is water pollution. Water pollution directly and indirectly affects living beings in the aquatic ecosystem. Since the problems created by water pollution directly affect living beings, the investigation of biological variables plays a very important role in determining pollution. Benthic macroinvertebrates are numerous and diverse in very different climatic and topographic aquatic systems of the world and show a wide distribution. For these reasons, macroinvertebrates are preferred more as indicator organisms. In this study, Düden Stream located in Eskişehir province were selected with 3 stations and benthic samples were collected between July and October on 2023. The purpose of this study was to assess the water quality of this freshwater habitats using diversity indices as well as biotic and saprobi indices based on benthic macroinvertebrates. Totally, 2049 benthic macroinvertebrate individuals belong to 15 species as 2 families from Gastropoda, 2 families from Clitellata, 7 families from Insecta and 1 families from Malacostraca were identified in the areas. The dominant taxa in the stream were determined as Gammaridae family members with 47.60% dominancy value, followed by Physidae and Chironomidae members with 31.08% and 12.38%, respectively. BMWP score values were varied between 11-45. According to saprobi indices results, the stream was determined between betamesosaprob and polymesosaprob. Also, Shannon-Weaver Diversity Index values were varied between 0.88 and 1.51.

Key words : Biotic indices, water quality, benthic macroinvertebrates.

Introduction

In the current century, the rapid depletion of clean water resources, the increasing difficulty in accessing water, and the rise in water scarcity have become some of the most pressing issues. As a result of climatic changes, drought and unregulated industrialization, our already insufficient water resources are rapidly becoming polluted and disminished. In order to prevent this problem, wastes and wastewaters generated as a result of production and other activities

must be treated to reduce their pollutant characteristics and brought to discharge standards before being released into receiving environments. As a result of human activities, irregular industrialization and population growth, drinking water resources and other natural resources are rapidly polluted. Monitoring water quality has become a necessity to ensure the conscious use of these resources, maintain their continuity, improve their quality, and determine their appropriate usage based on their quantities (Bayraktar, 2007). Tourism development shows a structure that is extremely dependent on environmental resources. In the environment where it develops, it causes significant environmental problems as long as it is unplanned and uncontrolled. Conversely, the development of tourism can play a role in protecting and enhancing environmental resources (Kahraman, 1994).

Ecotourism has unquestionably had a favorable effect on a nation's economic growth. However, unsustainable ecotourism practices have also had an impact on environmental quality, particularly on the issues of solid waste disposal and contamination of the air, water, and noise (Hashim et al. 2021) . In recent years, there have been serious discussions worldwide and in Türkiye regarding tourism and the environment. The focus of the discussions is on the fact that tourism damages environmental values. The inseparable link between tourism and environmental values adds even greater importance to these discussions, as the primary raw material of the tourism sector is the environment.

Fish, macrophytes, phytoplankton, diatoms and benthic macroinvertebrate groups are used to determine the ecological status and ecological quality of streams. Benthic invertebrates attract the most attention in pollution studies related to stream ecosystems. The macroinvertebrate fauna responds and adapts to physical and chemical changes in water. Pollutants discharged into the water, agricultural or organic pollutants mixing into the water, and similar factors lead to the degradation of water quality, causing changes in the structure and population of macroinvertebrate organisms. As a result, the number and composition of macroinvertebrates living in water is an important indicator used in determining water quality. Especially urban wastes, industrial and petroleum wastes, agricultural wastes (chemical pesticides, fertilizers, etc.) pollute the water surface and macroinvertebrates react to this pollution. Due to these characteristics, macroinvertebrates are highly effective and useful for assessing the impact of pollution on surface waters. High levels of organic and inorganic pollution in aquatic environments result in the reduction of macroinvertebrates with low pollution tolerance, while those with high pollution tolerance tend to increase in number (Plante and Downing, 1989; Klemm et al., 1990; Plante and Downing, 1990; Wetzel and Likens, 1991; Rice et al., 2012). Benthic macroinvertebrates are numerous and diverse and widely distributed in very different climatic and topographic aquatic systems of the world. For these reasons, macroinvertebrates are preferred as indicator organisms. The biological water quality determination methods using indicator organisms are called ‘Biotic Indices’ (Zeybek, 2007).

Düden Stream, selected as the study area, passes through Düden Cave located in Sarıcakaya district of Eskişehir province. Within the scope of this study, biotic indices such as Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Taxon (ASPT), TR-BMWP were applied to determine water quality. In addition, values of German Saprobi Index (new version), German SI (old version), Czech SI, Romanian SI and Slovak SI were calculated

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

and diversity indices as Simpson and Shannon-Weaver diversity indices were also applied. The study is a first for the region in terms of pioneering future studies to be conducted in the field.

Material and Methods

Zoobenthic samples were collected from Düden Stream. Düden Cave, located in Sarıcakaya district of Eskişehir, is located in a small valley formed by Düden Stream. The cave was registered as a "Natural Asset (Group B cave)" dated 09.07.2019 and numbered 160408 of the Ministry. Düden Cave, a horizontally developed semi-active cave, is 425 meters long. 3 stations were determined on Düden Stream, including the cave entrance (Figure 1). Zoobenthic samples were collected as twice a year on July and October in 2023 year.



Figure 1. Düden Cave and Düden Stream as sampling stations

Using a hand net and the kick sampling technique, samples were collected. The benthic samples were fixed in 70% alcohol after being sieved in the field using a set of sieves. After labelled, the fixed samples were delivered to the laboratory. By creating temporary and/or permanent slides, the substrate sediment that was brought to the laboratory was identified at the family-genus level under a light microscope and a Zeiss stereo microscope. The identification keys of Macan (1979), Sauter (1992), Tanatmış (1993, 1999), Belfiore vd. (2000), Haybach and Thomas (2000) for Ephemeroptera; Brinkhust (1971) and Timm (2009) for Oligochaeta, Karaman and Pinkster (1977), Karaman and Pinkster (1987) for Malacostraca, Şahin (1984), Cranston et al. (1987), Şahin (1991), Papp and Darvas (1997), Papp and Darvas (1998) for Diptera, Macan (1965), Savage (1989) for Hemiptera, Nilsson and Holmen (1995) for Coleoptera, Wallace et al. (1990) for Trichoptera, Demirsoy (1982), Askew (1988) for Odonata were used to identify macroinvertebrate specimens. Boucherd (2004), Birmingham (2005) and Thorp and Rogers (2019) were used for identification of whole zoobenthic fauna. Benthic macroinvertebrate samples were stored in the Hydrobiology Laboratory at ESOGU.

Biological Monitoring Working Group-Spanish (BMWP-S), Average Score Per Taxon (ASPT), Turkish BMWP (TR-BMWP) from biotic indices, German SI new version and old version, Czech SI, Slovakian SI and Romania SI from saprobi indices were calculated. Also, Shannon-Weaver and Simpson diversity indices were evaluated for diversity index. ASTERICS 4.04 software was used for calculation of the indices. (AQEM Consortium 2011).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Results and Discussion

The study's sampling data from three stations in Düden Stream between July and October 2023 show that a total of 2049 benthic macroinvertebrate individuals from 15 different taxa were found in the locations. Two taxa from the Gastropoda, three from the Clitellata, nine from the Insecta, and one from the Malacostraca made up the zoobenthic community (Table 1).

Table 1. The dominance value (%) of the taxonomic list of macrozoobenthic individuals was established by field research.

Stations	**St 1**		**St 2**		**St 3**	
Period	**July**	**October**	**July**	**October**	**July**	**October**
Taxa						
Phylum: Mollusca						
Class: Gastropoda						
Family: Hydrobiidae						
Pseudorientalia sp.	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Family: Physidae						
Physa sp.	7.19	6.79	21.11	33.14	53.70	64.58
Class: Clitellata						
Subclass: Oligochaeta						
Limnodrilus sp.	5.29	6.48	5.03	3.55	0.00	0.00
Potamothrix sp.	2.01	1.58	1.01	1.78	0.00	0.00
Subclass: Hirudinea						
Hirudo sp.	0.21	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
Phylum: Arthropoda						
Class: Insecta						
Ordo: Ephemeroptera						
Family: Baetidae						
Baetis sp.	1.48	1.58	2.51	5.33	3.70	0.00
Family: Caenidae						
Caenis sp.	0.21	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Order: Odonata						
Suborder: Zygoptera						
Family: Coenagrionidae						
Ischnura sp.	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Order: Diptera						
Family: Chironomidae						
Tanypus sp.	0.32	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Chironomus riparius Meigen, 1804	2.01	5.37	18.59	11.83	20.37	12.50
Cryptochironomus sp.	0.11	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00
Family: Simuliidae						
Simulium sp.	2.01	1.90	2.51	2.96	0.00	0.00
Order: Trichoptera						

Family: Hydropsychidae						
Hydropsyche sp.	0.53	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
Order: Coleoptera						
Family: Dytiscidae						
Laccophilus sp.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subphylum: Crustacea						
Class: Malacostraca						
Order: Amphipoda						
Family: Gammaridae						
Gammarus sp.	77.80	73.78	49.25	39.64	22.22	22.92

Gammarus sp. was the dominant taxa in the Düden Stream with 47.65% dominancy value (Figure 2). *Gammarus* species belong to the family Gammaridae and are a varied group of amphipod crustaceans. *Gammarus* species' distribution is influenced by abiotic conditions such temperature, oxygen, salinity, pollution and acidity. Members of this species are frequently found in large numbers in gravel, beneath rocks, or in coarse substrates, as well as among both dead and living plants (Kunz et al., 2010). The second dominant taxa was *Physa* sp. with 31.09% dominancy value. *Physa* display a vast array of life history traits that are impacted by elements like habitat type, climate, and the existence of parasites or predators (Wethington, 2003).

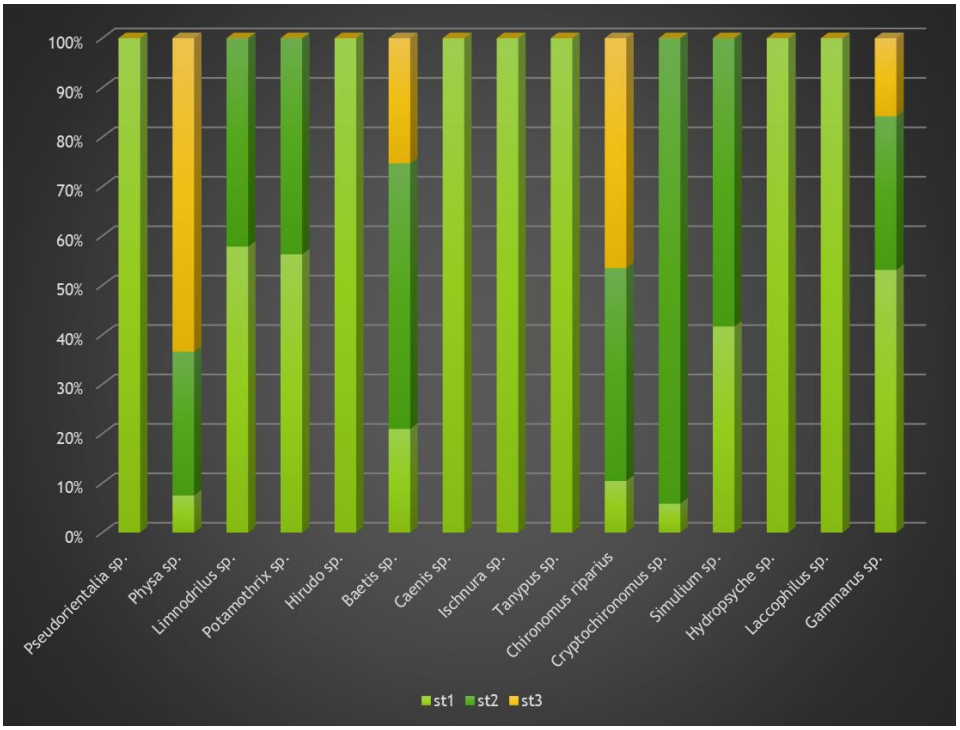


Figure 2. Dominancy (%) of taxa of benthic macroinvertebrates at the stations

Table 2 displays the sampling stations' BMWP, ASPT, and TR-BMWP findings. The area had IV water classes (poor water quality), based on the index data. It is seen that tourism

activities had partially started in the region. In addition, it was observed that the people in the villages close to the cave left household garbage in the stream. It is obvious that they are exposed to anthropogenic pollutants.

Table 2. The BMWP, TR-BMWP and ASPT indices results of the sampling stations.

Station	Period	Value of BMWP	Quality Class	Value of ASPT	Quality Class	Values of TR-BMWP	Quality Class
St 1	Summer	45.0	III	3.8	IV	47.0	III
	Fall	30.0	IV	3.8	IV	33.0	IV
	Mean	37.5	IV	3.8	IV	40.0	IV
St 2	Summer	21.0	IV	3.5	IV	24.0	IV
	Fall	21.0	IV	3.5	IV	24.0	IV
	Mean	21.0	IV	3.5	IV	24.0	IV
St 3	Summer	15.0	IV	3.8	IV	15.0	IV
	Fall	11.0	IV	3.7	IV	10.0	V
	Mean	13.0	IV	3.7	IV	12.5	IV

Table 3 displays the findings of the Saprobi indices based on the stations' water quality classes. The water quality level in the aquatic ecosystems of Düden Stream ranges between beta mesosaprobic (Class I–II) and polymesosaprobic (Class IV) based on the applied versions of the Saprobi Index (Table 3).

Table 3. Water quality classes of saprobic indices' various version

Station	Period	German Saprobic Index (old version)	Quality Class	German Saprobic Index (new version)	Quality Class	Czech Saprobi İndex	Quality Class	Romania Saprobi İndex	Quality Class	Slovakian Saprobic Index	Quality Class
St 1	Summer	3.30	III-IV	3.04	III	1.88	II	4.00	IV	3.50	III-IV
	Fall	3.30	III-IV	3.04	III	1.98	II	4.00	IV	3.50	III-IV
	Mean	3.30	III-IV	3.04	III	1.93	II	4.00	IV	3.50	III-IV
St 2	Summer	3.30	III-IV	3.30	III-IV	1.60	I-II	4.00	IV	3.50	III-IV
	Fall	3.30	III-IV	3.30	III-IV	1.80	II	4.00	IV	3.50	III-IV
	Mean	3.30	III-IV	3.30	III-IV	1.70	I-II	4.00	IV	3.50	III-IV
St 3	Summer	-		-		1.60	I-II	4.00	IV	3.50	III-IV
	Fall	-		-		-	-	4.00	IV	3.50	III-IV
	Mean	-		-		0.8	I	4.00	IV	3.50	III-IV

According to the diversity indices determined in the three sampling stations, Station 2 was found to have the highest diversity with 1.44 value (Table 4).

Table 4. Values of diversity indices calculated in field stations.

Station	Period	Shannon-Weaver Diversity Index	Simpson Diversity Index
St 1	Summer	0.95	0.38
	Fall	1.04	0.44
	Mean	0.99	0.41
St 2	Summer	1.37	0.68

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Fall	1.51	0.72
	Mean	1.44	0.70
St 3	Summer	1.11	0.63
	Fall	0.88	0.53
	Mean	1.00	0.58

As a result of the study conducted in Düden Stream and Düden Cave, it is seen that the diversity of the region in terms of zoobenthic community is not high and that it has medium-poor water quality according to biotic indices. One of the main reasons for this can be shown as the community structure being quite untouched, together with the gradual revival of tourism in the region and exposure to anthropogenic pollutants. This study is the first to be carried out in the region in order to determine the zoobenthic community.

Acknowledgement: This work was supported by TÜBİTAK 2209-A Project.

References

AQEM Consortium. ASTERICS. 2011. AQEM/STAR Ecological River Classification System. Version 3.3. http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/ASTERICS_Softwarehandbuch_Version3.3.pdf.

Askew, R.R. 1988. The Dragonflies of Europe, Harley, Colchelster-England.

Belfiore, C., Tanatmış, M., Kazancı, N. (2000) Taxonomy of Electrogena Antalyensis (Kazancı and Braasch) (Ephemeroptera, Heptageniidae). Aquatic Insects 22: 261-270. Doi: 10.1076/01650424(200010)22:4; 1y; Ft261.

Birmingham, M., Heimdal, D., Todd, H., Ken, K., Richard, L., Jim, W., Jacklyn, N., Brian, S. ve Tom, W. (2005). "Benthic Macroinvertrabte Key", Iowater Volunteer Water Quality Monitoring. http://www.iowater.net/.

Boucherd, R. W. Jr. (2004). "Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest". Universtiy of Minnesota, ISBN-00511309763.

Brinkhurst, R.O. (1971). A Guide for the Identification of British Aquatic Oligochaeta. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 22, 2nd Ed., Toronto.

Cranston, P.S., Edward, D.H.D. & Collcss, D. (1987). Archaeochlus Brundin- a midge out of time (Diptera, Chironomidae). Systematic Entomology, 12, 313-334.

Demirsoy, A. 1982. Türkiye Faunası, Odonata, TÜBİTAK, Ankara.

Hashim, M., Ali, M. S. M., Nayan, N., Mahat, H., Saleh, Y., Norkhaidi, S. B., See, K. L., Said, Z.M. (2021). The impact of ecotourism on the water quality in sedim river, kedah, malaysia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 683, 012023. doi:10.1088/1755-1315/683/1/012023.

Haybach A., Thomas, A. (2000). Rediscovery of Ecdyonurus codinai Navás, 1924 in Portugal [Insecta: Ephemeroptera: Heptageniidae]. Ephemera (1999)1, 79-84.

Kahraman, N. (1994). Sürdürülebilir Kalkınma ve Turizm, H.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi, 12.

Karaman, G.S., Pinkster, S. (1977). Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea, Amphipoda). Part I. Gammarus pulex-group and related species. Bijdr. Dierkd. 47(1), 1-97. https://doi.org/10.1163/26660644-04701001

Karaman, G.S., Pinkster, S. (1987). Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea, Amphipoda). Part III. Gammarus balcani-cusgroup and related species. Bijdr. Dierkd. 57(2), 207-260. https://doi.org/10.1163/26660644-05702005

Klemm, D.J., Lewis, P.A., Fulk, F., Lazorchak, J.M. (1990). Macroinvertebrate Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA-600/4-90-030 Environmental Monitoring Systems Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.

Kunz, P.Y., Kienle, C., Gerhardt, A. (2010). Gammarus spp. in aquatic ecotoxicology and water quality assessment: toward integrated multilevel tests. Rev Environ Contam Toxicol, 205:1-76. doi: 10.1007/978-1-4419-5623-1_1. PMID: 20044794.

Macan, T.T. (1979). A Key to the nymphs of the British Species of Ephemeroptera with sotes on their ecology. Scientific Publication - Freshwater Biological Association, 20, 1–79.

Macan, T.T. (1965). A revised key to the water bugs (Hemiptera-Heteroptera). Freshwater Biological Association, 1Sc. Publ. n 16, Ambles~de, Pp:78.

Nilsson, A.N., Holmen, M. (1995). The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae (Fauna Ent. Scand). Leiden: E.J. Brill.

Papp, L., Darvas, B. (Eds.). (1997). Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera 2. Nematocera and Lower Brachycera. Budapest, Science Herald. 592 p.

Papp, L., Darvas, B. (Eds.). (1998). Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera 3. Higher Brachycera. Budapest, Science Herald. 880 p.

Plante, C., Downing, J.A. (1989). Production of freshwater invertebrate populations in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1489.

Plante, C., Downing, J.A. (1990). Empirical evidence for differences among methods for calculating secondary production. J. N. Amer. Benthol. Soc., 9(1): 9.

Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri L.S. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association(AWWA), Water Environment Federation.

Sauter, W. (1992). Ephemeroptera, Insecta Helvetica Fauna, 9: 1-74.

Savage, A.A. (1989) Adults of the Bristish Aquatic Hemiptera Heteroptera. Freshwater Biological Association.

Şahin, Y. (1984). Identification and distributions of Chironomidae (Diptera) Larvae in East and Southeast Anatolia Rivers and Lakes (in Turkish), Anadolu University Press No: 57, Faculty of Arts and Sciences Press, No: 2, Eskişehir.

Şahin, Y. (1991). Türkiye Chironomidae Potamofaunası. TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-869, Eskişehir, 88 s.

Tanatmış, M. (1993). Sakarya nehir sistemi Ephemeroptera Limnofaunasının tespiti ve yayılışları. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 136 s.

Tanatmış, M. (1999). Türkiye Ephemeroptera türleri ve yayılışları. Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası 'Hayvan Coğrafyası' (Demirsoy, A.). Meteksan A.Ş. Ankara (pp. 672-680).

Thorp, J.H., Rogers, D.C. (2019). Volume IV: Keys to Palaearctic Fauna Thorp and Covich's Freshwater invertebrates (4th ed., pp. 357-518), Academic Press, Elsevier, Waltham, MA, USA.

Timm, T. (2009). A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe, Lauterbornia, 66, 235 p.

Wallace, I.D., Wallace, B., Philipson, G.N. (1990). A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association Scientific Publication, No. 51. 1–237.

Wethington, A.R. (2003). Phylogeny, taxonomy, and evolution of & reproductive isolation in Physa (Pulmonata: Physidae). PhD thesis, University of Alabama, Tuscaloosa.

WetzeL, R.G., Likens, G.E. (1991). Limnological Analyses, 2nd ed.SpringerVerlag, New York, N.Y.

Zeybek, M. (2007). Çukurca Dere ve Isparta Deresinin Su Kalitesinin Makrozoobentik Organizmalara Göre Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PARÇALI YARIM KÜRE TÜRBÜLATÖRLERİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Uğurcan YARDIMCI
Bingöl Üniversitesi/ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/ Elektrik ve Enerji Bölümü
uyardimci@bingol.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-6511-4058

Arş. Gör. Dr. Volkan TUĞAN
Munzur Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Makine Mühendisliği Bölümü
volkantugan@munzur.edu.tr – ORCID ID: 0000-0001-7910-1207

ÖZET

Bu çalışmada ısı değiştiricilerin termal performansını arttırma yöntemlerinden biri olan türbülatörler kullanılarak ısı değiştiricisinin termal performansını arttırmak amaçlanmıştır. Parçalı yarım küre türbülatörler 40 mm çap, 5 mm genişlik ve 2 mm et kalınlığından oluşan yarım halkaların, parçalı yarım küre haline getirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu yarım kürelerin tek parçalı, iki parçalı ve dört parçalı kombinasyonları farklı Re (Reynolds) sayılarında incelenmiştir. Analizler sayısal olarak ANSYS CFX programı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçlar, Nu (Nusselt) sayısının Re ile değişimi, f (sürtünme faktörü) sayısının Re ile değişimi ve TPF (termal performans faktörü) sayısının Re ile değişimi olmak üzere üç farklı grafik üzerinde gösterilmiştir. Sonuçlarda, dört parçalı yarım küre türbülatörlerinde Nu değerinin boş boru deneylerine göre maksimum 2.2 kat arttığı görülmektedir. Termal performans faktörünün ise en yüksek olan 1.46 değerine tek parçalı yarım küre türbülatörlerinde ulaştığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isı Değiştiricileri, Türbülatörler, CFD, Sayısal Analiz

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Isı değiştiriciler günümüzde birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin verimini artırmak için farklı yöntemler denenmekte olup, en bilinenlerden biri türbülatör kullanımıdır. Literatürde türbülatörlerle ilgili gerçekleştirilen araştırmaların bazıları şu şekildedir. Hassan ve Hameed [1], çift borulu ısı değiştiricilerinde kare şeklindeki şerit türbülatörlerin hidrotermal performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, 1 cm, 0,5 cm ve 0,25 cm olmak üzere üç farklı türbülatör çubuğundan oluşan kare parçalar kullanılmıştır. Türbülatör genişliğinin, ısı transfer oranını önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Düz boru ile kıyaslandığında, 0,25 cm genişliğindeki kare kesitli türbülatörlerin Nusselt sayısını %271,7 artırdığı gözlemlenmiştir. 0,25 cm genişliğindeki kare türbülatörün kullanıldığı durumda termal performans faktörünün 2,9 olduğu görülmüştür. Zhao vd. [2], dalgalı şerit türbülatör, kabarcık enjeksiyon ve nanoakışkan kullanılmasının çift borulu ısı değiştirici performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, nanoakışkan olarak CuO-su kullanılmış olup, 60, 90, 115 ve 150 ° olmak üzere dört farklı türbülatör açısı incelenmiştir. Türbülatör, kabarcık enjeksiyon ve nanoakışkan kullanımının ısı transferini sırasıyla %74, %66 ve %17 artırdığı gözlemlenmiştir. En yüksek termal performans faktörünün, türbülatör açısının 150 °, kabarcık enjeksiyonu akış oranının 6 l/dk ve nanoakışkan konsantrasyonunun %1 olması durumunda elde edildiği görülmüştür. Bu üç yöntemin birlikte kullanılması durumda termal performans faktörünün 1,19 olduğu belirtilmiştir. Fang vd. [3], yarı dairesel ve damla şeklindeki türbülatörlerin ısı transferi ve basınç kaybı üzerindeki etkisini sayısal olarak araştırmışlardır. Analizlerde çalışma akışkanı olarak kullanılan sıcak suyun akış oranı 0,044-0,099 kg/s'dir. Düz boruyla kıyaslandığında, yarı dairesel ve damla şeklindeki türbülatörlerin kullanıldığı durumda maksimum ısı transferinin sırasıyla %257 ve %298 daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Xie vd. [4], bükülmüş şerit türbülatörlerin helisel tüp içerisinde kullanımının ısı transferine etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneyler, 6000-32000 aralığında Reynolds sayısı için gerçekleştirilmiştir. Düz tüple kıyaslandığında, bükülmüş şerit türbülatörlerin kullanıldığı durumda Nusselt sayısının %66'ya kadar arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek termal performans faktörünün 1.013 olduğu ve büküm aralığının 5 cm, debinin 100 litre/saat olması durumunda elde edildiği belirtilmiştir.

Pourahmad vd. [5], hava kabarcık enjeksiyonu ve çift bükümlü şerit türbülatörlerin çift borulu bir ısı değiştiricinin termal performansına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Türbülatör oranının azalması, kabarcık enjeksiyon hızının artması ve soğuk su akış hızının artması ile Nusselt sayısının arttığı görülmüştür. Kabarcık enjeksiyonu ve türbülatörlerin birlikte kullanıldığı durumda, Nusselt sayısında basit boruya kıyasla %98-114 aralığında artış gözlemlenmiştir. Xiong vd. [6], çift borulu ısı değiştiricisinde konik ve fuziform şekilli türbülatörlerin kullanımını sayısal olarak araştırmışlardır. Dört farklı Reynolds sayısının (4000, 7000, 10000 ve 13000) incelendiği çalışmada, toplam 21 konfigürasyon simüle edilmiştir. En yüksek ısı transfer katsayısının dairesel iç boruya sahip ısı değiştirici kullanıldığında elde edildiği gözlemlenmiştir. En uygun konfigürasyonun dairesel iç boruya ve 12 mm fuzidorm türbülatörlere sahip ısı değiştiricisi için elde edildiği belirtilmiştir. Reynolds sayısının 4000 olduğu durumda, fuziform şekilli türbülatörlerin kullanılması ile düz boruya kıyasla ısı transfer katsayısında %4,68'lik iyileşme olduğu belirtilmiştir. Nakhchi vd. [7] çift delikli eliptik

türbülatörlerin çift borulu ısı değiştiricilerinde kullanımını deneysel olarak araştırmışlardır. Deneyler, 5000-18000 aralığında Reynolds sayısında gerçekleştirilmiştir. Çift delikli eliptik türbülatörlerin Nusselt sayısını %217,4 artırdığı görülmüştür. En yüksek termal performans faktörünün 1,849 olduğu belirtilmiştir. Dirker vd. [8], bir ısı transfer kanalında, dairesel kesitli halka tipi türbülatörlerin kullanımını deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Deneyler, 2000-7500 aralığındaki Reynolds sayılarında gerçekleştirilmiştir. Türbülatör kullanımının Nusselt sayısını %34-54 aralığında iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, türbülatör boşluğunun azalmasıyla basınç kaybının azaldığı belirtilmiştir.

2. SAYISAL ÇALIŞMA

2.1. Temel Denklemler

Bu çalışmada akışkan olarak seçilen 1 atm basınç ve 25 °C deki havanın hızı (V), analizlerde kullanılan borunun iç çapı (d_i) ve akışkanın kinematik viskozitesi (υ) kullanılarak Re sayısı denklem 1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$Re = \frac{V d_i}{\upsilon} \tag{1}$$

Isı transferi sonuçları Nu (Nusselt) sayısı ile gösterilmiştir. Denklem 2, Nu sayısının formülünü göstermektedir. Denklem 2'de ısı iletim katsayısı (k), ısı taşınım katsayısı (h) ve borunun iç çapı (d_i) kullanılmıştır. Isı taşınım katsayısının hesaplanabilmesi için ayrı bir formül kullanılmıştır. Denklem 3 içerisinde kullanılan bu formülde ρ yoğunluğu, A_k kesit alanını, T_i boru içerisine giriş sıcaklığını, T_o borudan çıkış sıcaklığını, A_y yanal alanı, C_p özgül ısıyı ve $LMTD$ ise logaritmik ortalama sıcaklık farkını temsil etmektedir. Denklem 4 'te $LMTD$ değerinin hesaplanması için gereken formül verilmiştir. Denklem 4 içerisinde yer alan T_w çeper sıcaklığını temsil etmektedir.

$$Nu = \frac{h d_i}{k} \tag{2}$$

$$h = \frac{(\rho V A_k) C_p (T_i - T_o)}{A_y (LMTD)} \tag{3}$$

$$LMTD = \frac{(T_w - T_i) - (T_w - T_o)}{\ln\left(\frac{T_w - T_i}{T_w - T_o}\right)} \tag{4}$$

Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı ΔP, analizlerde kullanılan boru uzunluğu L, akışkanın hızı, akışkanın yoğunluğu ve borunun iç çapı kullanılarak sürtünme faktörü hesaplanmaktadır. Sürtünme faktörü olan f değeri denklem 5'te verilmiştir.

$$f = \frac{2 \Delta P d_i}{L \rho V^2} \tag{5}$$

Elde edilen verilerin literatür ile kıyaslanması termal performans faktörü (TPF) ile yapılmıştır. Termal performans faktörü (TPF), boş boru Nusselt (Nu_b) değeri, türbülatörlü Nusselt (Nu_t) değeri, boş boru sürtünme faktörü (f_b) ve türbülatörlü sürtünme faktörü (f_t) değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Termal performans faktörü denklem 6 içerisinde verilmiştir.

$$TPF = \frac{(Nu_t/Nu_b)}{(f_t/f_b)^{1/3}} \quad (6)$$

2.2. Sayısal Analiz

Bu çalışmada yapılan analizler için ANSYS CFX programı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan süreklilik momentum ve enerji denklemleri sırasıyla denklem 7, denklem 8 ve denklem 9 içerisinde verilmiştir [9,10]. Bu denklemlerde k ısıl iletkenliği, P basıncı, μ dinamik viskoziteyi temsil etmektedir.

Süreklilik;

$$\nabla(\rho V) = 0 \quad (7)$$

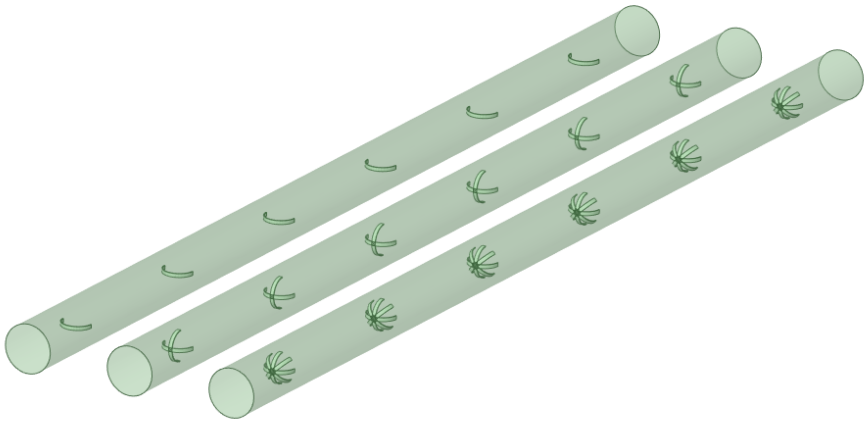
Momentum;

$$\nabla(\rho VV) + \nabla P = \nabla(\mu \nabla V) \quad (8)$$

Enerji;

$$\nabla\left(\rho C_p V\right) = \nabla(k \nabla T) \quad (9)$$

Analizlerde ısı değiştiricisi, 1500 mm uzunluğa ve 66 mm çapa sahip olan ayrıca çeperinin 100 °C sabit sıcaklık ile ısıtıldığı silindirik bir boru olarak düşünülmüştür. İnlet olarak akışkanın giriş hızları ve 25 °C giriş sıcaklığı ANSYS CFX programına tanımlanmıştır. Türbülans modeli olarak k-ε seçilmiştir. Görsel 1'de parçalı yarım küre türbülatörlerin, bir parçalı, iki parçalı ve 4 parçalı hallerinin silindirik boru içerisindeki yerleşimi verilmiştir.

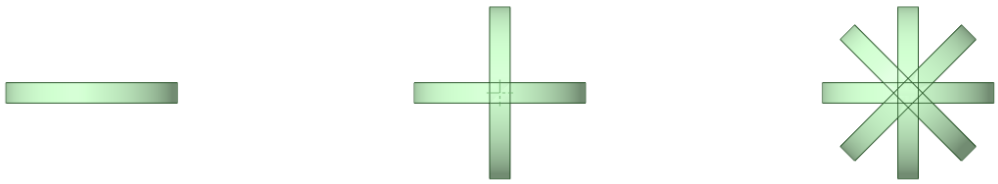


Görsel 1. Türbülatörlerin Silindirik Boru İçerisindeki Görünümü

Analizlerde kullanılan türbülatörler 42 mm dış ve 40 mm iç çapa sahip yarım halka parçalardan oluşmaktadır. Bu yarım halka parçalar akışa paralel bir şekilde konumlandırılmıştır. Bu yerleşim düzeni ile türbülatörlerin yarım küre şeklinde olması da sağlanmıştır. Yarım halka parçalarının kalınlıkları 5 mm'dir. Yarım halka parçalar tüm analizler boyunca, 1 parçalı, 2 parçalı ve 4 parçalı olmak üzere üç farklı sayıda kullanılarak üç farklı türbülatör oluşturulmuştur. 2 parçalı türbülatörlerde parçalar arasında 90 derece bulunurken, 4

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

parçalı türbülatörlerde parçalar arasında 45 derece bulunmaktadır. Görsel 2'de 1 parçalı, 2 parçalı ve 4 parçalı yarım küre türbülatörlerin önden görünümü verilmiştir.



Görsel 2. Parçalı Yarım Küre Türbülatörlerin Önden Görünümü

Türbülatörler girişten 100 mm sonra başlayacak şekilde silindirik boru içerisine yerleştirilmiştir. Türbülatörler arası mesafe 250 mm olarak belirlenmişir. Tüm analizlerde 6 adet türbülatör kullanılmıştır. Parçalı yarım küre türbülatörlerin üstten görünümü Görsel 3'te verilmiştir.

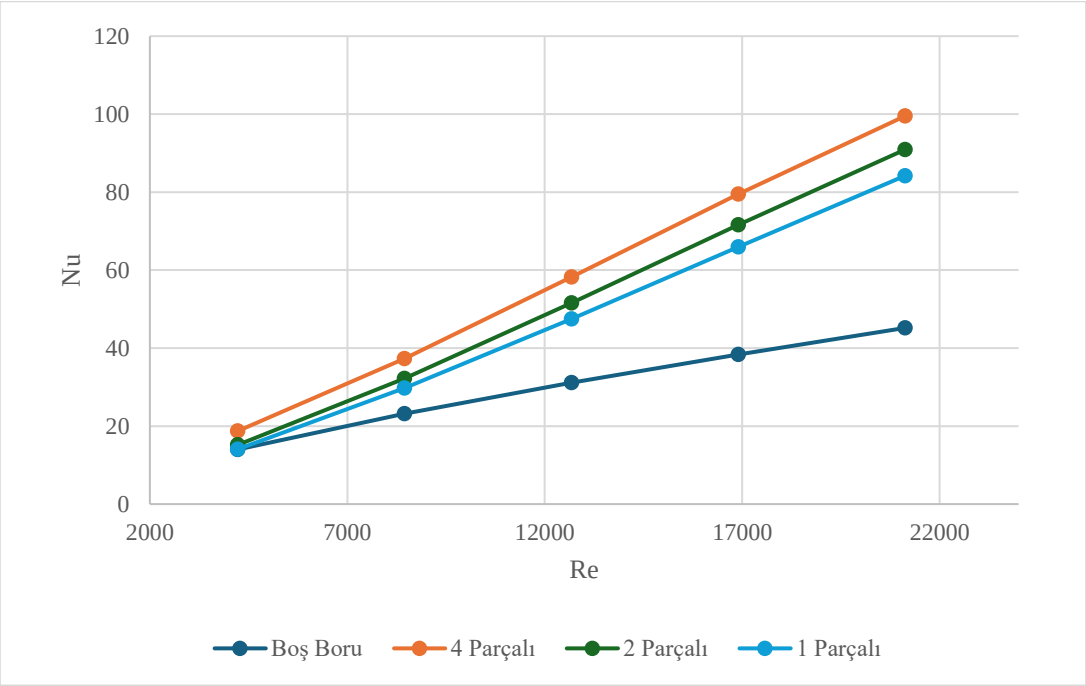


Görsel 3. Açılı Yarım Halka Türbülatörlerin Üstten Görünümü

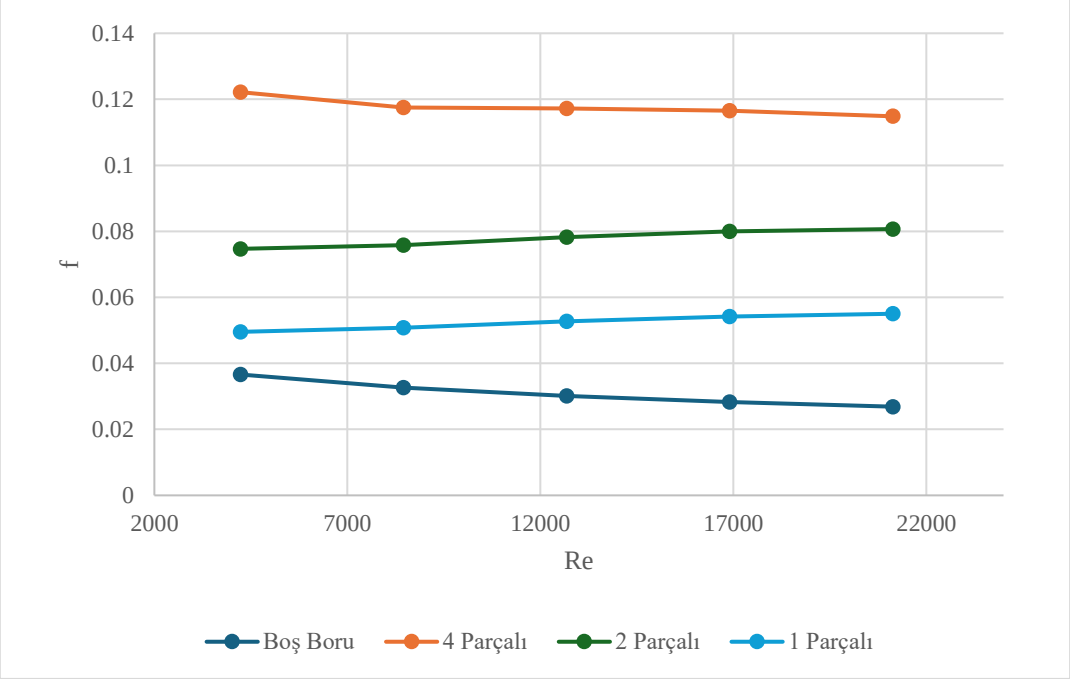
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sonuçlar 3 farklı grafik ile sunulmuştur. Görsel 4'te parçalı yarım küre türbülatörlerin Nu-Re grafiği, Görsel 5'te parçalı yarım küre türbülatörlerin f-Re grafiği ve Görsel 6'da parçalı yarım küre türbülatörlerin TPF-Re grafikleri verilmiştir. Görsel 6'da ek olarak yapılan çalışmanın literatür ile daha iyi kıyaslanabilmesi için Kongkaitpaiboon vd. yaptıkları halka türbülatörlerin verilerine de yer verilmiştir [11].

Görsel 4'te sunulan Nu-Re grafiği incelendiğinde 4 parçalı yarım küre türbülatörlerin boş boruya göre 2.2 kat ile en yüksek Nu artışına sebep olduğu görülmektedir. Parça sayılarının artması Nu değerinde artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda en düşük Nu artışının, 1 parçalı yarım küre türbülatörlerde gerçekleştiği görülmektedir. Görsel 5 incelendiğinde ise en yüksek f sürtünme faktörü artışının da 0,12 ile 4 parçalı yarım küre türbülatörde gerçekleştiği görülmektedir. Parça sayısının azalması sürtünme faktörünün de azalmasına sebep olmuştur. Sürtünme faktörü değerlerine genel olarak bakıldığında parçalı yarım küre türbülatörlerin oldukça iyi bir sonuç verdiği görülmektedir.



Görsel 4. Tüm Türbülatörlerin Nu-Re değişimi

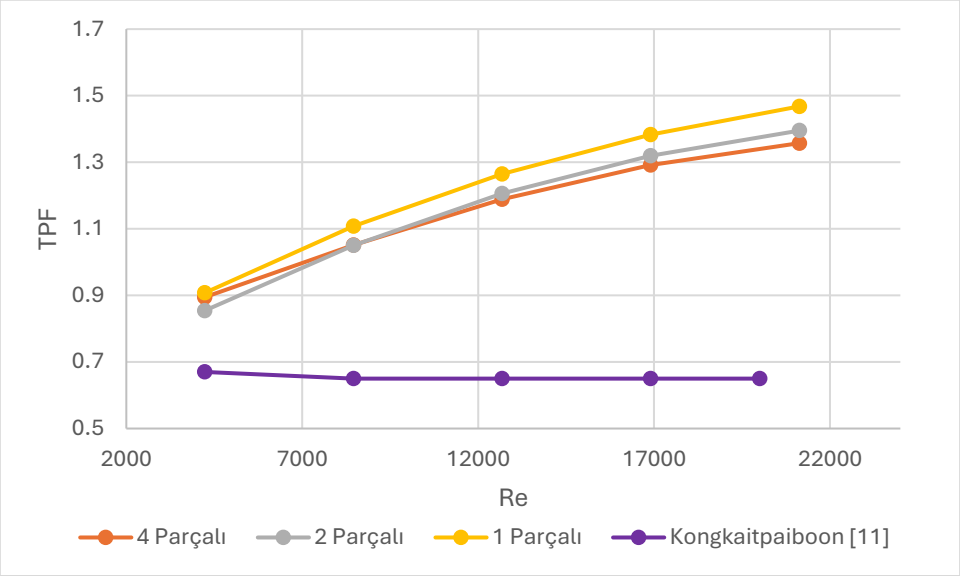


Görsel 5. Tüm Türbülatörlerin f-Re değişimi

Görsel 6'da TPF- Re değişimi görülmektedir. Türbülatörlerde Nu değerinde artış yakalamak oldukça önemlidir fakat bu artışın yanında f değerlerinde de çok fazla artışın olmaması gerekmektedir. Bu iki durum optimize edilerek yapılacak tasarımların düşünülmesi gerekmektedir. Termal performans faktörünün oluşturulmasında Nu ve f değerlerinin birlikte düşünülmesi elde edilen sonuçların kıyaslanması açısından oldukça önemlidir. Görsel 6 incelendiğinde 1 parçalı yarım küre türbülatörlerin 1.46 ile en yüksek TPF değerine ulaştığı görülmektedir. Diğer türbülatörler kıyaslanırken 8450 Re değerinden önce 4 parçalı yarım küre

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

türbülatörlerin daha iyi performans sergilediği görülürken, 8450 Re değerinden sonra ise 2 parçalı yarım küre türbülatörlerin daha iyi bir performans sergilediği görülmektedir.



Görsel 6. Tüm Türbülatörlerin TPF-Re değişimi

Literatürde yer alan Kongkaitpaiboon vd. [11] yaptıkları çalışmanın verileri de Görsel 6 içerisinde verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, parçalı yarım küre türbülatörlerin bütün değerlerinin, Kongkaitpaiboon vd. [11]'nin yaptığı çalışmadan daha fazla olduğu görülmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Isı değiştiricilerinde kullanılan türbülatörlerin ısı transferini arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada, Nu değerlerinde artışın maksimum, aynı zamanda f değerlerinde artışın minimum olmasını sağlayacak parçalı yarım küre türbülatörler analiz edilmiştir. Parça sayısının artmasının hem Nu değerlerinde hem de f değerlerinde artışa sebep olduğu görülmektedir. En yüksek Nu artışı 2.2 kat ile 4 parçalı yarım küre türbülatörde gerçekleşirken, f değerlerinde de en yüksek artış 0.12 ile 4 parçalı yarım küre türbülatörde gerçekleşmiştir. Termal performans faktörleri incelendiğinde 1 parçalı yarım küre türbülatörlerin bu çalışma özelinde en ideal seçenek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, 1 parçalı türbülatörlerin sürtünme faktöründe oldukça az bir artışa sebep olmasıdır.

KAYNAKÇA

1) Hassan, J. H., & Hameed, V. M. (2022). Evaluate the hydrothermal behavior in the heat exchanger equipped with an innovative turbulator. South African Journal of Chemical Engineering, 41, 182-192. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.06.003
2) Zhao, J., Reda, S. A., Al-Zahrani, K. S., Singh, P. K., Amin, M. T., Tag-Eldin, E., & Emami, F. (2022). Hydro-thermal and economic analyses of the air/water two-phase flow in a double tube heat exchanger equipped with wavy strip turbulator. Case

Studies in Thermal Engineering, 37, 102260. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102260

3) Fang, Y., Mansir, I. B., Shawabkeh, A., Mohamed, A., & Emami, F. (2022). Heat transfer, pressure drop, and economic analysis of a tube with a constant temperature equipped with semi-circular and teardrop-shaped turbulators. Case Studies in Thermal Engineering, 33, 101955. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101955
4) Xie, C., Mansir, I. B., Mahariq, I., Singh, P. K., Arsalanloo, A., Shahzad, R. M., & Jarad, F. (2022). Performance boost of a helical heat absorber by utilization of twisted tape turbulator, an experimental investigation. Case Studies in Thermal Engineering, 36, 102240. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102240
5) Pourahmad, S., Pesteei, S. M., Ravaeei, H., & Khorasani, S. (2021). Experimental study of heat transfer and pressure drop analysis of the air/water two-phase flow in a double tube heat exchanger equipped with dual twisted tape turbulator: Simultaneous usage of active and passive methods. Journal of Energy Storage, 44, 103408. https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103408
6) Xiong, Q., Izadi, M., Shehzad, S. A., & Mohammed, H. A. (2021). 3D numerical study of conical and fusiform turbulators for heat transfer improvement in a double-pipe heat exchanger. International Journal of Heat and Mass Transfer, 170, 120995. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120995
7) Nakhchi, M. E., Hatami, M., & Rahmati, M. (2021). Experimental investigation of performance improvement of double-pipe heat exchangers with novel perforated elliptic turbulators. International Journal of Thermal Sciences, 168, 107057. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.107057
8) Dirker, J., Meyer, J. P., & Steyn, R. M. (2021). Influence of ring type flow turbulators on the local heat transfer coefficients in an annular passage–An experimental and numerical investigation. International Journal of Thermal Sciences, 168, 107052. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.107052
9) He, Y., Geng, Y., Guo, S., Ma, R., & Li, Z. (2024). A machine learning approach and numerical investigation for intelligent forecasting of entropy generation rate inside a turbulator-inserted solar collector tube. Engineering Analysis with Boundary Elements, 158, 375-384. https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2023.11.006
10) Esmaeili, Z., Vahidhosseini, S. M., & Rashidi, S. (2024). A novel design of double pipe heat exchanger with innovative turbulator inside the shell-side space. International Communications in Heat and Mass Transfer, 155, 107523. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107523
11) Kongkaitpaiboon, V., Nanan, K., & Eiamsa-Ard, S. (2010). Experimental investigation of convective heat transfer and pressure loss in a round tube fitted with circular-ring turbulators. International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(5), 568-574. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.12.016

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÖRNEK BİR RÜZGAR SANTRALİNDE SEKONDER KORUMA RÖLELERİNİN KOORDİNASYONU

İbrahim Halil YILMAZ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
i.hll.yilmaz@gmail.com - 0009-0002-4889-6195

Dr.Necmi Cemal ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2914-3577

ÖZET

Rüzgar santralleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ancak, rüzgar santrallerinin çalışması sırasında aşırı akım gibi çeşitli arızalar meydana gelebilir. Bu arızalar, rüzgar türbinlerinin ve şebekenin güvenliğini tehdit edebilir. Bu nedenle, rüzgar santrallerinde aşırı akım korumasının sağlanması büyük önem arz etmektedir. Aşırı akım koruması, rüzgar türbinlerinde bulunan aşırı akım koruma rölelerinin kullanılması ile sağlanır. Bu röleler, belirli bir akım değerini aştığında devre kesiciyi açtırarak aşırı akımı önler. Aşırı akım koruma röleleri, doğru şekilde koordine edilmelidir. Aksi takdirde, arızalar doğru şekilde temizlenemeyebilir ve sistemde istenmeyen kesintilerle birlikte ekipmanların kullanılamaz hale gelmesine yol açabilir. Bu makalede, örnek bir rüzgar santralinde aşırı akım koruma rölelerinin koordinasyonunun nasıl yapıldığı açıklanacaktır. Örnek bir rüzgar santrali tesisinin, kısa devre simülasyonu, aşırı akım koruma ayarlarının yapılması ve hata anında sistemin davranışı ETAP(Electric Transient Analyser Program) yazılımı kullanılarak simüle edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : aşırı akım koruması, rüzgar santrali, kısa devre, röle koordinasyonu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Elektrik güç sistemlerinin korunması birçok farklı koruma cihazı vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu cihazların sadece tek bir özelliği olduğu gibi birçok özelliği bir arada bulunduran cihazlarda bulunmaktadır. Koruma cihazları, koruma görevini tek başına değil bir sistemin parçası olarak görev yaparlar ve bu sistemde karar verici pozisyondalardır. Koruma cihazları, korunmak istenen sistemde bulunan akım transformatöleri üzerinden anlık akım değerlerini alır ve bu değerler belirlenen akım değerinin üzerine çıktığında devreye girerek devre kesiciye açma sinyali gönderirler. Sistemin sürekli olarak korunabilmesi için bu ekipmanların hepsinin sağlıklı bir şekilde çalışıyor olması gerekmektedir. Bu cihazlar, hassasiyet, seçicilik, güvenilirlik ve hız gereksinimleri ile birlikte hayati ve en temel işlevlerini yerine getirmelerini sağlamak için iyi bir şekilde koordine edilmelidir[1]. Bu koordinasyonun sağlanabilmesi için birçok parametrenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Sistemde oluşabilecek kısa devre akımları, sistemde kullanılan kesicilerin açma süreleri, seçilen ekipmanların dayanım kapasiteleri, koruma cihazlarının açma eğri türleri ve koruma cihazlarının tepki süreleri bunlardan bazılarıdır.

Sistemin birçok parametresinin göz önünde bulundurularak hesap yapılması gerektiğinden simülasyon programları kullanılarak koruma rölelerinin ayarları ve ayarlarının yapılabilmesi için gerekli diğer analizler simülasyon programları yardımıyla yapılmaktadır. Koruma ayarları yapılırken temel istekler ekipmanın/şebekenin zarar görmemesi ve arızanın yalnızca arıza yaşanan kısmı izole ederek sistemi korumasıdır. Bu sayede arıza en kısa yoldan temizlenmiş olur ve sağlıklı çalışan noktalarda istenmeyen enerji kesintilerinin önüne geçilmiş olur. Bu seçici çalışmayı sağlayabilmek adına koruma cihazlarında birçok koruma tipi geliştirilmiştir. Güç sistemi şebekesindeki aşırı akım koruması, anlık aşırı akım röleleri, ters zamanlı aşırı akım röleleri, kesin zamanlı aşırı akım röleleri, ters kesin minimum zamanlı (IDMT) aşırı akım röleleri, çok ters aşırı akım röleleri ve aşırı ters aşırı akım röleleri olarak kategorize edilen akım koruma röleleri yardımıyla gerçekleştirilir. Bu röle türleri arasında ters zaman akım özelliklerine sahip olanlar çoğunlukla iletim ve dağıtım sistemlerinde kullanılır. Bunun nedeni, geniş bir kısa devre akımı aralığında makul ve anlamlı bir hızlı çalışma sağlamalarını sağlayan nispeten düz zaman-akım özelliklerine sahip olmalarıdır[2-3].

2. MATERYALLER VE YÖNTEM

2.1. Materyaller

Analizde örnek bir rüzgar türbini santralinin verileri, ABB REF615 verileri ve ETAP 21.0.1 programı kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2. Yöntem

Örnek bir rüzgar santralinde aşırı akım röleleriyle koruma sistemini arızalardan korumak için seçici aşırı akım koruma ayarları ve koordinasyonu uygulaması amaçlanmıştır. Aşırı akım korumasında IEC ters zamanlı aşırı akım(IEC Normal Inverse Time) ve sabit zamanlı ani aşırı akım korumaları kullanılmıştır.

2.2.1. IEC Ters Zamanlı Aşırı Akım Koruması

IEC normal ters eğrisi, aşırı akım rölelerinin çalışma süresini akımın büyüklüğüne göre belirleyen bir eğridir. Bu eğri, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından tanımlanmıştır ve birçok ülkede aşırı akım rölelerinin ayarlanması için kullanılır. IEC normal ters eğrisi, logaritmik bir eğridir. Bu, eğrinin yatay ekseni (akım) ve düşey ekseni (çalışma süresi) arasındaki ilişkinin logaritmik olduğu anlamına gelir. Eğrinin şekli, aşağıdaki denklemle tanımlanır:

$$T = \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{Is}\right)^{L} - 1} + C\right] \times TM \quad (1)$$

Burada;

T=Açma Süresi
K=0,14
L=0,02
C=0
I=Nominal Akım
I_s=Hata Akımı
TM= Zaman Çarpanı

Standartta sabit olarak geçen K, L ve C değerleri koruma rölelerinin bazılarında ayarlanabilir haldedir. Bu özellik standartta tanımlanan eğrinin dışında kullanıcı tanımlı eğri tanımlanmasına imkan sağlar.

IEC normal ters eğrisi, aşırı akım rölelerinin koordinasyonunu sağlamak için kullanılır. Koordinasyon, rölelerin arızalı bölümü izole etmek için doğru sırayla çalışmasını sağlar. IEC normal ters eğrisi kullanılarak, röleler öyle ayarlanır ki, arızalı bölüme en yakın röle en kısa sürede çalışır ve arızalı bölümden uzaklaştıkça rölelerin çalışma süreleri uzar.

2.2.2. IEC Sabit Zamanlı Aşırı Akım Koruması

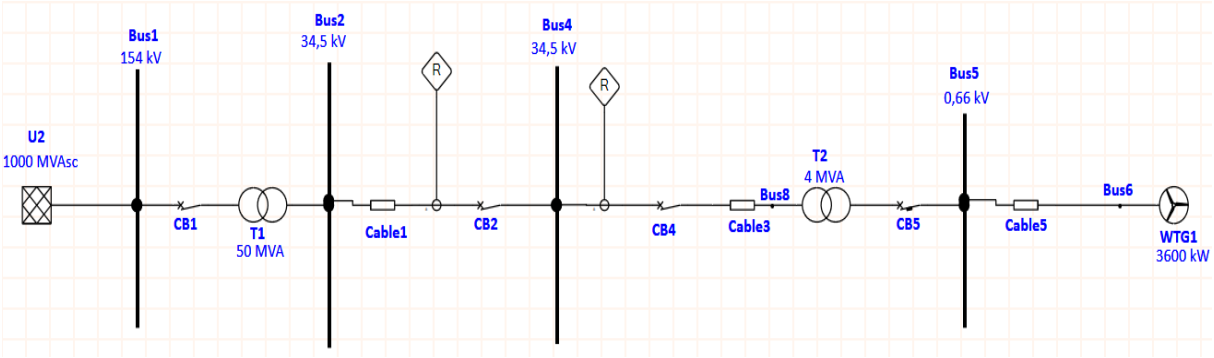
IEC sabit zaman eğrisi, aşırı akım rölelerinin çalışma süresini akımın büyüklüğünden bağımsız olarak sabit bir değerde tutan bir eğridir. Bu eğri, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından tanımlanmıştır ve birçok ülkede aşırı akım rölelerinin ayarlanması için kullanılır.

IEC sabit zaman eğrisi, yatay bir çizgidir. Bu, eğrinin yatay ekseni (akım) ve düşey ekseni (çalışma süresi) arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu anlamına gelir. IEC sabit zaman eğrisi, aşırı akım rölelerinin koordinasyonunu sağlamak için kullanılır. Koordinasyon, rölelerin arızalı bölümü izole etmek için doğru sırayla çalışmasını sağlar.IEC kesin zaman eğrisi kullanılarak, röleler öyle ayarlanır ki, arızalı bölüme en yakın röle en kısa sürede çalışır ve

arızalı bölüme uzaklaştıkça rölelerin çalışma süreleri uzamaz. IEC sabit zaman eğrisi sistemde oluşan kısa devre arızalarının hızlıca temizlenmesi amacıyla kullanılır.

2.2.3. Analiz Verileri

Görsel 1'de görüldüğü gibi 1000MVAsc kısa devre gücüne sahip bir şebekeye 3600kW gücünde bir rüzgar türbini generatörü 4MVA gücünde bir step-up trafo üzerinden bağlanmıştır.

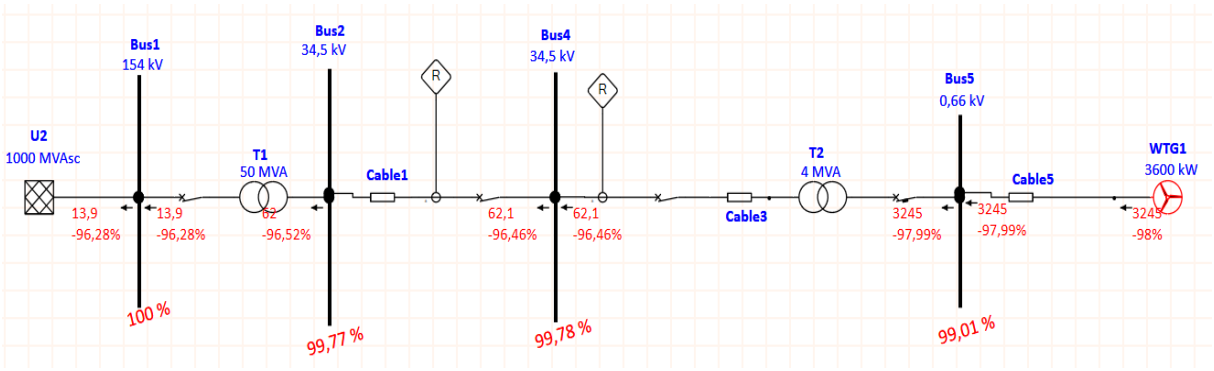


Görsel 3. Tesisin genel tek hat şeması

3. SİSTEM VERİLERİNİN ANALİZ VE SİMÜLE EDİLMESİ

3.1. Nominal Değerlerin Belirlenmesi

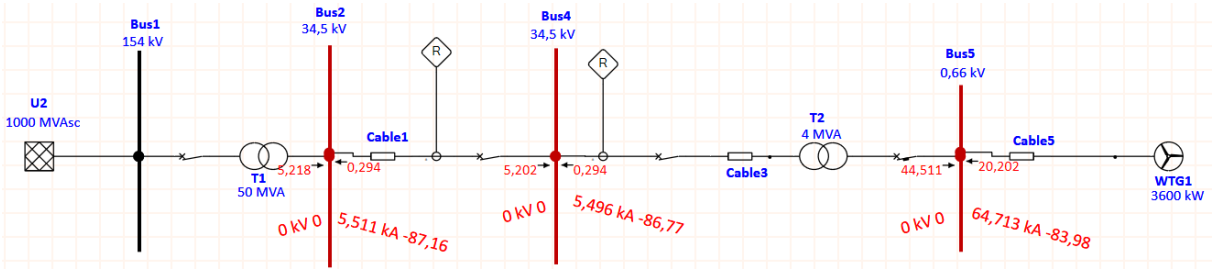
Görsel 1'de görünen sistemin nominal değerleri ETAP programında Load Flow Analysis modülü ile hesaplanarak koruma için nominal değerler belirlenir. Belirlenen bu nominal değerlere uygun olarak koruma ayarlarının yapılması önemlidir. Bu nedenle ETAP programı üzerinden yük akışı analizi değerlerine göre nominal sınır değerleri belirlenir. Bu belirlenen değerlerin üzerindeki akımlarda sistemin aşırı yüklendiği veya bir arıza durumunun söz konusu olduğu anlaşılır. Görsel 2'de sistemin yük akışı görülebilmektedir.



Görsel 2. Yük akış analizi sonuçları

3.2. Kısa Devre Değerlerinin Belirlenmesi

Şekil-1'de görünen Bus-5, Bus-4 ve Bus-2 baralarında üç fazlı kısa devreler ETAP programına Short Circuit Analysis modülünde oluşturulmuş ve Görsel 3'de görüldüğü gibi kısa devre akımları ETAP programı üzerinden hesaplanmıştır. Çizelge-1'de oluşturulan üç fazlı kısa devrelerin simetrik kısa devre akımı değerleri görülmektedir.



Görsel 3. Kısa devre analizi sonuçları

Çizelge 1. 3 fazlı simetrik kısa devre akımları

	Kısa Devre Akımları	Gerilim Seviyesi
Bus-2	5,511 kA	34,5 kV
Bus-4	5,496 kA	34,5 kV
Bus-5	64,713 kA	0,4 kV

3.3. Selektivite Zaman Aralığı

Selektivite zaman aralığı, bir koruma rölesinin arızayı algılaması ve devreyi kesmesi için geçen süredir. Bu süre, koruma rölesinin ayar değerlerine ve arızanın türüne ve yerine bağlıdır. Elektrik güç sistemlerinde koruma cihazları için selektivite zaman aralığı, mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Böylece, arızaların tüm sistemin kararlılığı ve güvenilirliği üzerindeki etkisi en aza indirilebilir. Önerilen selektivite zaman aralığı, güç sisteminin özel gereksinimlerine ve özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle 0,1 ila 0,5 saniye arasında değişmektedir. Daha kısa bir selektivite zaman aralığı, daha hızlı arıza izolasyonunu ve temizlenmesini sağlayarak, kademeli kesintilerin ve ekipman hasarlarının riskini azaltır. Bununla birlikte, çok kısa bir selektivite zaman aralığı, koruma cihazlarının yanlış koordinasyonuna ve istenmeyen tetiklenmesine neden olabilir. Bu da sistemde bozulmalara ve kesintilere yol açabilir. Bu nedenle, hızlı arıza temizleme gereksinimi ile yanlış koordinasyonun önlenmesi arasında bir denge kurulması önemlidir. Böylece, optimum sistem koruması ve güvenilirliği sağlanabilir. Bu çalışmada zaman aralıklarının aşağıdaki değerlerde olduğu kabul edilerek çalışma yapılmıştır.

Röle tepki süresi: 20ms

Kesici açma süresi: 60ms

Kesici açma bobini tepki süresi: 20ms

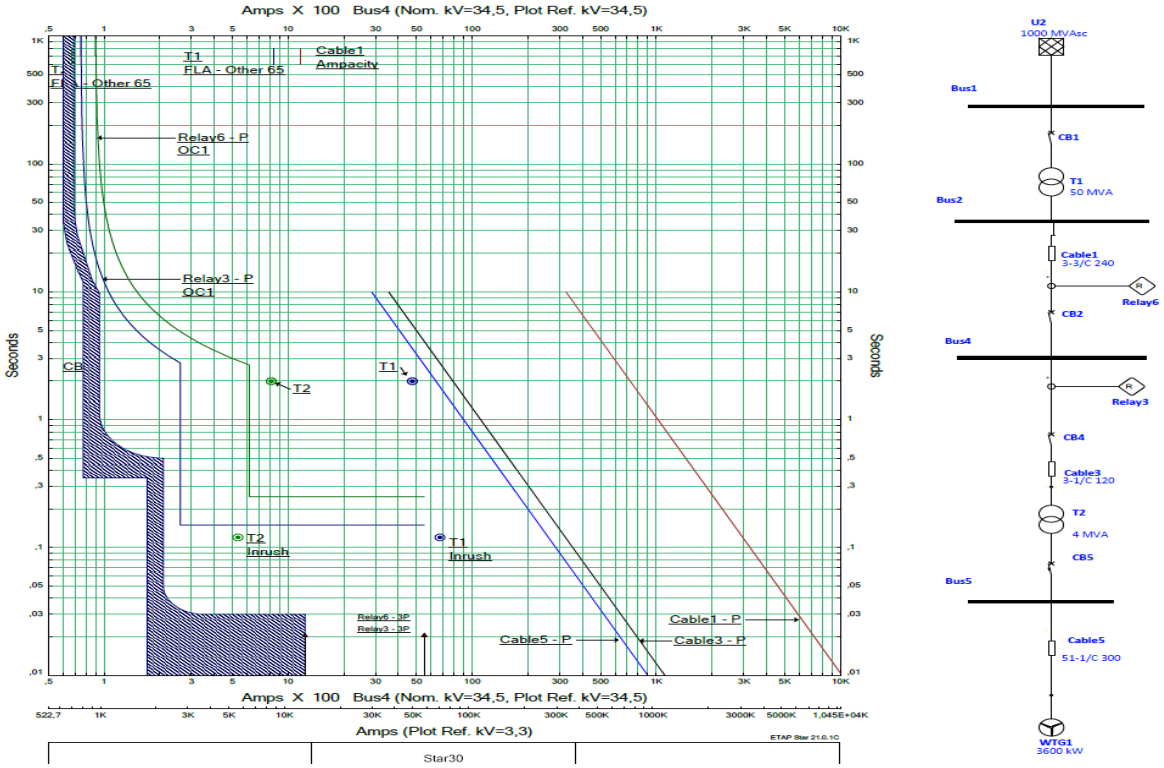
Koruma röleleri arasında bırakılacak minimum sürenin 100ms olduğu kabul edilmiştir.

3.4. Koruma Ayarlarının Yapılması

Sistemde hesaplanan nominal değerler ve üç-fazlı kısa devre akımı değerleri dikkate alınarak alçak gerilim devre kesicisi olan CB5 generatörün nominal akımına ve Bus-5'de hesaplanan kısa devre akımı değerine göre ayarlanır. Daha sonra CB4 devre kesicisi, CB5 devre kesicisinin eğrisine göre ve 100ms selektivite zamanı bırakılarak ayarlanır. Bir sonraki aşamada ise CB2 devre kesicisi, CB4 devre kesicinin eğrisine ve Bus-4'te hesaplanan kısa devre akımı değerine göre ayarlanır. Yapılan ayarlamalarda ayrıca transformatörün termal aşırı yük noktasına ve ilk enerji anında transformatörün çektiği mıknatıslanma akımının değerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Sistemin hatalı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

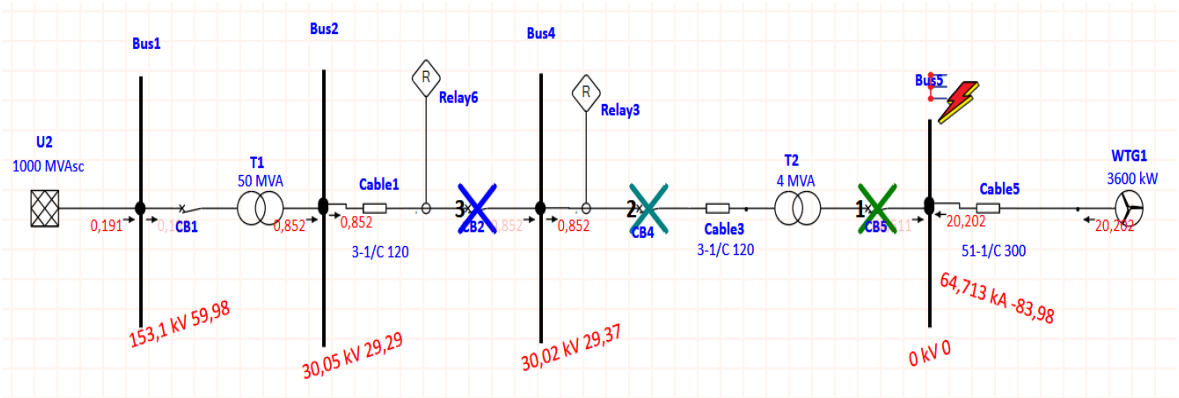
açma yapmaması için bu değerler önem arz etmektedir. Şekil-4' de yukarıda bahsedilen kurallara uygun olarak yapılan koruma ayarları sonrası ortaya çıkan CB5, CB4(Relay-3) ve CB2(Relay-6) devre kesicilerinin açma eğrileri görünmektedir.



Görsel 4. Devre kesicilerinin açma eğrileri ve sistem tek hattı

3.5. 0.66kV Barasında Oluşan Arızada Sistem Davranışının Test Edilmesi

Sistem üzerinde yapılan ayarların gerçek bir arıza anında hangi sırayla tepki göstereceğini görebilmek adına program üzerinden arıza simülasyonu yapılmıştır. Bus-5 üzerinde oluşturulan bir simülasyon arızasında arızaya en yakın devre kesici olan CB5 kesicisi açma yapmıştır. Sonrasında ise yük akışının tersi yöndeki kesicilerin sırayla açma yaptığı gözlemlenmiştir. 0.66kV barasında oluşan arıza devre kesicilerinin davranışın istenen sırada olduğu görülmüştür.



Görsel 5. Kısa devre anında selektif çalışma simülasyonu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. SONUÇ

Rüzgar santrallerinin hassas ve güvenilir ekipmanlarla korunması enerji sürekliliği ve arıza anında oluşabilecek maddi zararların önüne geçebilmek adına fazlasıyla önem arz etmektedir. Bu çalışmada sistemde bulunan ekipmanların verileri kullanılarak sistem simüle edilmiş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar ardından koruma rölelerinin ayarları yapılarak devre kesicilerinin belirli bir sırayla açma yapması sağlanmıştır. Yapılan koruma ayarları sonrasında 0.66kV barasında arıza anı simüle edilmiştir ve devre kesicilerinin açma sırası analiz edilmiştir. Analiz sonucunda sistemde bulunan devre kesicilerinin öngörülen sırada açma yaptığı ve ilk önce arızaya en yakın devre kesicinin açma yaparak arızayı izole etmeye çalıştığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

1. Weedy, B. M., Cory, B. J., Jenkins, N., Ekanayake, J. B. and Strbac, G., *Electric Power Systems*, 5th Ed, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2012.

2. Nwachi, G.U., Obi, P.I., Amako, E.A. and Ezeonye, C.S., Modeling and Simulation of a Coordinated Power System Protection using Overcurrent Relay, 2022.

3. Nima Rezaei Mohammad Lutfi Othman 1, 2; Noor Izzri Abdul Wahab 1, 2; Hashim Hizam., *Coordination of Overcurrent Relays Protection Systems for Wind Power Plants, 2014.*

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÖRNEK BİR ENDÜSTRİYEL TESİSTE PASİF HARMONİK FİLTRE TASARIMI VE GÜÇ FAKTÖRÜ ÜZERİNE ETKİSİ

İbrahim Halil YILMAZ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
i.hll.yilmaz@gmail.com - 0009-0002-4889-6195

Prf.Dr.Nuran YÖRÜKEREN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
nurcan@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-5092-4952

ÖZET

Endüstriyel tesislerde doğrusal olmayan yüklerden kaynaklanan harmonikler, enerji kalitesi problemlerinin başlıca nedenlerinden biridir. Bu harmonikler, ekipman arızaları, aşırı ısınma ve sistem kararlılığını olumsuz etkileyerek çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bu çalışma, bir endüstriyel tesiste harmoniklerin etkilerini azaltmak için tasarlanan filtrelerin etkinliğini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Gerçek ölçüm verileri ETAP yazılımında kullanılarak, baskın harmoniklerin (11. ve 13. mertebe) etkilerini gidermek için filtre tasarımları gerçekleştirilmiştir. Tuned (Ayarlı) filtreler, toplam harmonik distorsiyonu (THD) %18'den %5,95'e düşürerek sistem performansını çarpıcı bir şekilde iyileştirmiştir. Simülasyonlar, harmoniklerin azaltılması ve güç faktörünün iyileştirilmesinde Tuned (Ayarlı) filtrelerin etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, her tesisin kendine has harmonik profilinin dikkate alınması ve özelleştirilmiş çözümlerin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler : pasif filtre, enerji kalitesi, güç faktörü, harmonikler, tuned filtre, ayarlı filtre

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Günümüz modern toplumu endüstriye dayalı bir toplum olarak yıllar içinde gelişim göstermiştir. Endüstri arz-talep dengesine bağlı sürekli gelişmiş ve değişmiştir. Artan elektrik talebi ve elektrik sektöründeki modern altyapı gelişimi ile birlikte, harmonikler ve yetersiz güç faktörü gibi birçok enerji kalitesi sorunu artmaktadır.[1] Değişen yük karakteristiğinin getirmiş olduğu bu enerji kalite problemleri birçok ekipmandan dolaylı veya doğrudan sorunlara yol açmaktadır. Ortaya çıkan bu enerji kalitesini problemlerinin kaynağı genellikle lineer olmayan yüklerin oluşturduğu nonsinüzoidal akım veya gerilim dalga formlarıdır. Lineer olmayan yüklere örnek olarak kesintisiz güç kaynakları(UPS), frekans kontrollü cihazlar ve invertörler gibi günümüz endüstriyel tesislerinin vazgeçilmez elemanları karşımıza çıkmaktadır.

Lineer olmayan yüklerin zaman içerisinde hızlı bir şekilde artması neticesinde IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 1981 yılında **"IEEE 519-1981" s**tandartını yayınlamıştır. Yayınlanan bu standart elektriksel harmoniklerin sınırlandırılması ve kontrolü için rehber niteliği taşımaktaydı. IEEE yıllar içinde yayınlamış olduğu bu standartı güncellemiştir. Endüstrinin gelişimi ile beraber başta harmonikler olmak üzere artan enerji kalitesi sorunları araştırmacılar ve sektör çalışanları için bir endişe kaynağı olarak görülmüştür. Enerji kalitesindeki bu bozulmanın getirmiş olduğu sorunlar en çok elektronik sistemler, motorlar ve kablolarda kendini göstermiştir. Özellikle harmoniklerin sistemde oluşturduğu etkiler ciddi sorunlara yol açmaktadır.

Bu çalışmada günümüz endüstriyel tesislerinde en büyük enerji kalitesi sorunlarından biri olan harmoniklerin sistem üzerinde yarattığı bozucu etki incelenmiştir. Harmoniklerin oluşturduğu bu bozucu etkinin ortadan kaldırılması için pasif güç filtresi tasarımı yapılmış ve bu tasarımı yapılan bu filtrelenin güç kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tasarımı yapılan filtre yükün baskın harmonik mertebeleri göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda filtrelerin sisteme etkisi simülasyon ortamında analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

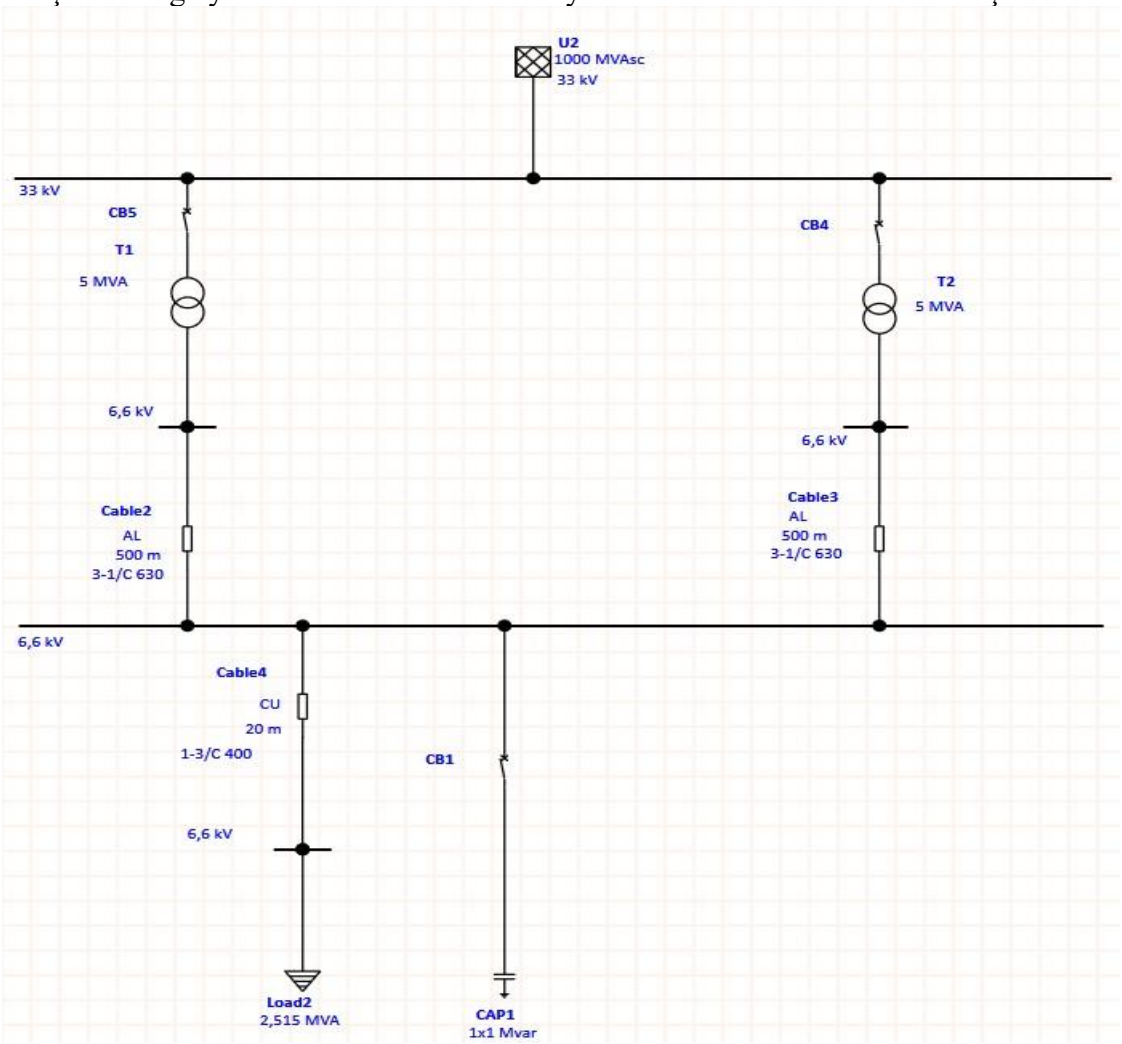
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. ÖRNEK BİR VAKA ANALİZİ

2.1. Sistemin Analiz Edilmesi ve Sorunun Tespiti

Bu çalışmada demir-çelik endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmada bulunan harmonikli bir yükün güç faktörünün düzeltilmesi için tesis edilen kompanzasyon panosunun tasarım hatası nedeniyle nasıl bir soruna yol açtığı ve bu sorunun çözüme kavuşması için ne yapılması gerektiği analiz edilmiştir. Analiz çalışması ETAP(Electrical Transient Analyzer Program) yazılımı kullanılarak tesis simüle edilmiştir.

Tesisin bağlı olduğu şebeke 50Hz frekansında ve 33kV seviyesinde gerilim seviyesine sahiptir. Şebekeden gelen güç iki adet paralel çalışan eşdeğer 5MVA gücündeki transformatörler ile 2,515MVA gücündeki yük 500 metre uzunluğundaki 630mm^2 kesitinde alüminyum kablo ile beslemektedir. 2,515MVA gücünde olan bu yükün güç faktörü değeri %80 olarak tespit edilmiştir. Bu yükün güç faktörünü iyileştirmek adına kurulan 1MVAr gücündeki kompanzasyon panosu sonrasında tesisin güç faktörü %96,92 değerine yükselmiştir ancak kompanzasyon panosunun devreye alınması ile birlikte birçok sorun baş göstermiş ve bu sorunların tespit edilmesi için çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma ve ölçümler sonucunda tesiste ciddi derecede harmonik tespit edilmiştir. Özellikle kompanzasyon panosunun devrede olduğu durumlarda %THDv ve %THDi değerlerinin çok yüksek seviyelere çıktığı görülmüştür. Kompanzasyon panosunun devreye girdiği durumda yüksek bozulma meydana gelmesi kompanzasyon sisteminin hatalı tasarlandığını göstermektedir. Mevcut sistemi bozmadan soruna çözüm sağlayabilmek adına tesis ETAP yazılımı üzerinden simüle edilmiştir.



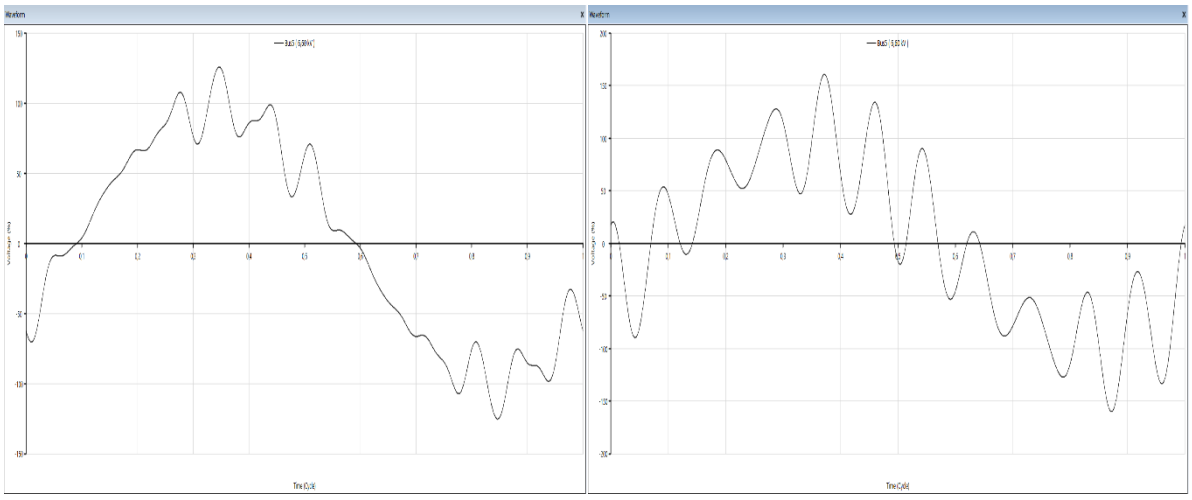
Görsel 1. Tesisin genel tek hat şeması

2.2. Metot Analizi ve Sistem Simülasyon Sonuçları

Simüle edilen sistemde harmonik bozulmanın tespiti için harmonik yük akış analiz yapılmıştır. THDv değerinin kompanzasyon devredeyken %51,78, kompanzasyon devrede değilken %18 değerinde olduğu program üzerinden hesaplanmıştır. Çizelge 1'de görüldüğü üzere kompanzasyon panosu devredeyken Bus5 bara geriliminin 7,38kV seviyelerine kadar yükseldiği görülmüştür. Bu gerilim yükselmesi de kondansatörlerin izolasyonlarını zorlamakta ve zaman zaman kondansatörlerin patlamasına neden olmaktadır.

Çizelge 1. Kompanzasyon Panosunun Bara Gerilimi ve THD Üzerindeki Etkisi

	Bus5 Gerilimi	**THDv**
Kompanzasyon Devrede	7,38kV	%51,78
Kompanzasyon Devre Dışı	6,61kV	%18



a) b)

Görsel 2. Kompanzasyon devre dışı(a) ve kompanzasyon devrede(b) iken gerilim dalga şekilleri

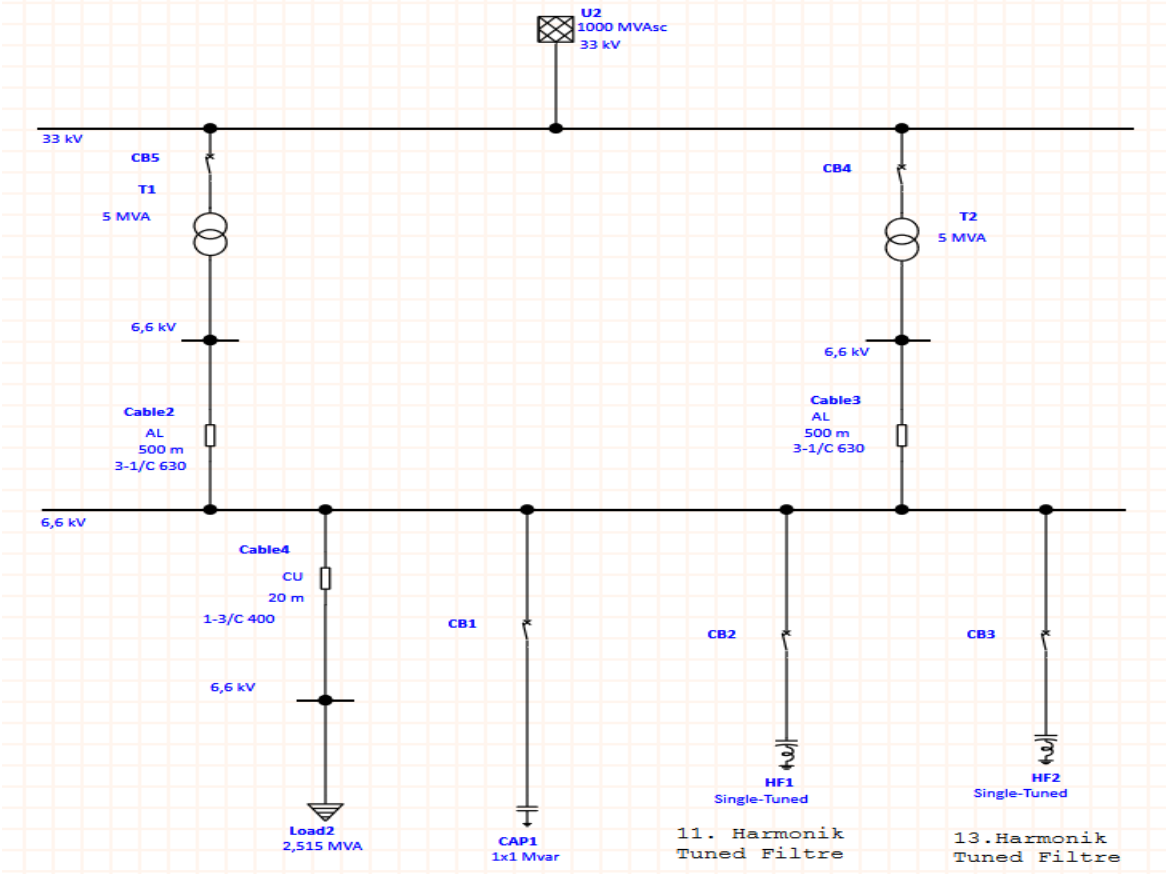
Tesiste yapılan ölçüm sonucunda Çizelge 2'de bulunan harmonik değerlerinin etkin olduğu görülmüştür. 11. ve 13. harmonik değerlerinin sistemde baskın harmonik frekansları olarak karşımıza çıktığı görülmüş ve çözüm olarak harmonik filtrelemenin şart olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 2. Harmonikli Yük Akımları ve Açıları

Mertebe	**1.**	**3.**	**5.**	**7.**	**9.**	**11.**	**13.**	**17.**	**19.**	**23.**	**25.**
Harmonik Akım(A)	219,6	8,6	18,2	17	16,7	101,7	90,5	31,2	21,3	3,3	5,5
Harmonik Açı	0	-132	-135	69	-90	-62	139	9	-155	-158	98

2.3. Filtre Tasarımı ve Filtre Simülasyonları

Tasarım aşamasında sistemde baskın olan 11. ve 13. harmonikler üzerinde durulmuştur. Yapılacak olan filtre tasarımında tek ayarlı(tuned) filtreler tercih edilmiştir. Filtreleme sırasında birinci öncelik harmoniklerin filtre edilmesi ikinci öncelik olarak güç faktörü değerinin %99-%100 seviyeleri olması amaçlanmıştır. Filtre boyutlarının belirlenmesi ETAP programı üzerinden yapılmıştır. 11. ve 13. harmonik filtreler sisteme Görsel 3'teki gibi yerleştirilmiştir.



Görsel 3. Tesisin filtreler sonrası genel tek hat şeması

Yerleştirilen filtreler sonrasında sistemde filtrelerin etkileri farklı durumlar üzerinden simüle edilmiş ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Simüle edilenler durumlar aşağıda sıralanmıştır:

1.Durum: Sadece sistemde yükün olduğu durumdur. Yükün kendisinden kaynaklı sistemde oluşan durumlar incelenmiştir.

2.Durum: Yükle beraber kompanzasyon panosunun devrede olduğu durumdur. Kompanzasyon panosunun bozucu etkisinin görülmesi açısından önemlidir.

3.Durum: Sistemde yük ve kompanzasyon panosu ile birlikte oluşan bozucu etkiye karşılık tasarlanan 11.Harmonik Tuned Filtre'nin sağladığı iyileştirme gözlemlenmiştir.

4.Durum: Sistemde yük ve kompanzasyon panosu ile birlikte oluşan bozucu etkiye karşılık tasarlanan 13.Harmonik Tuned Filtre'nin sağladığı iyileştirme gözlemlenmiştir.

5.Durum: Sistemde yük ve kompanzasyon panosu ile birlikte oluşan bozucu etkiye karşılık tasarlanan 11.ve 13.Harmonik Tuned Filtre'nin sağladığı iyileştirme gözlemlenmiştir.

Çizelge 3'te görüldüğü üzere 2.Durum'da sistemdeki bozucu etki maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Yapılan durum analiz sonucunda karşımıza çıkan en önemli sonuç tekil yapılan filtrelemelerin sistemdeki iyileştirme etkisi çok az olmaktadır. İki filtrenin birden devrede olduğu durumda ise sistemde ciddi bir iyileşme görülmektedir.

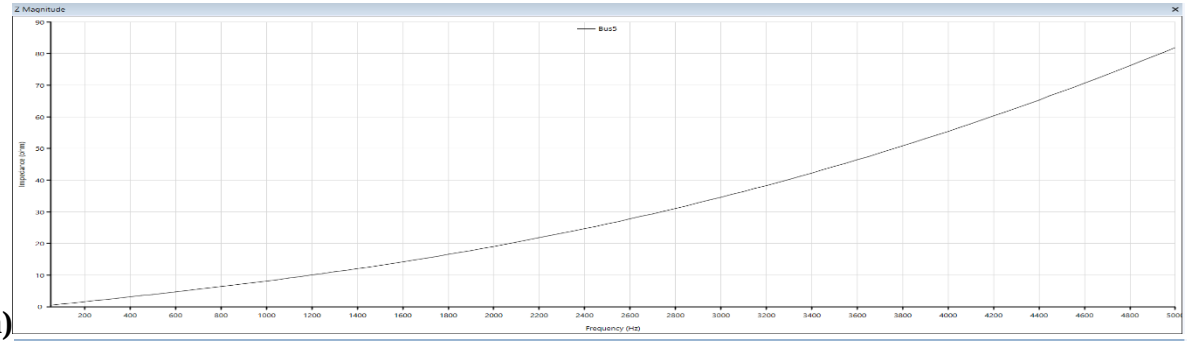
Çizelge 3. Simüle edilen durumlara göre sistem tepkisi

	1.Durum	2.Durum	3.Durum	4.Durum	5.Durum
THDv (Bara5)	%18	%51,78	%42,06	%31,21	%5,95
THDv (Bara4)	%2	%5,83	%4,71	%3,52	%0,659
Bara5 Gerilimi	6,61kV	7,38kV	7,12kV	6,87kV	6,58kV
Güç Faktörü	%80	%96,9	%98,6	%97,5	%99
Harmonikli Yük Akımı	259,2A	261,2A	261,5A	261,3A	261,6A

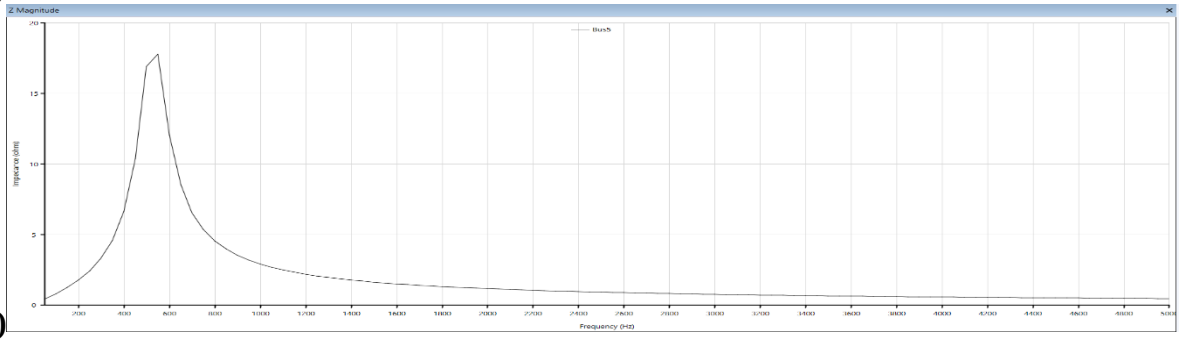
Tek ayarlı(tuned) filtreler doğası gereği sistemde var olan harmonikleri yok etmezler. Görevleri ayarlanmış oldukları filtre frekansı bölgesinde düşük empedans göstererek harmonik akımların üzerinden akmasını sağlamaktır. Bu nedenden dolayı simülasyon çalışması esnasında her bir durum için Bara5 barasının empedans değerleri de kontrol edilmiştir. Böylelikle tasarlanan filtrelerin doğru frekanslara düşük empedans gösterdikleri ve harmonik akımları üzerine çekebildikleri görülmüştür.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

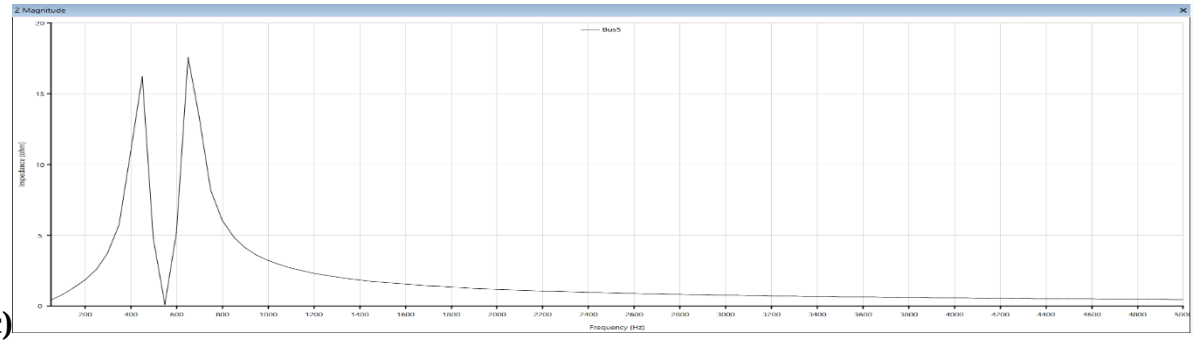
a)



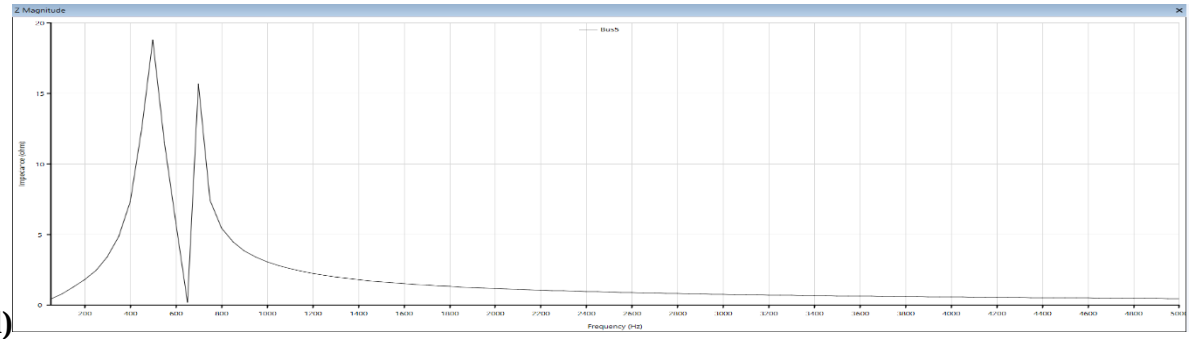
b)



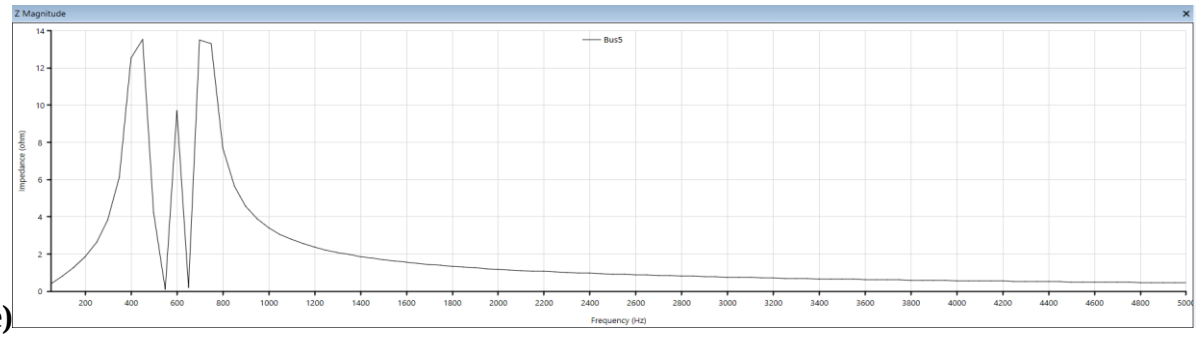
c)



d)



e)



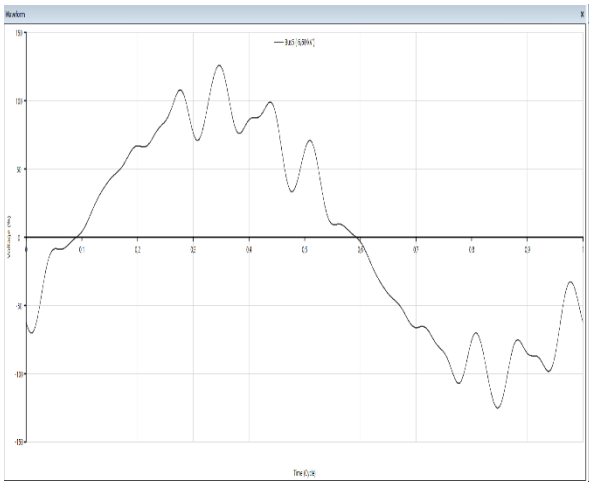
Görsel 4. Bus5 empedans-frekans grafikleri a)1.Durum b)2.Durum c)3.Durum d)4.Durum e)5.Durum

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

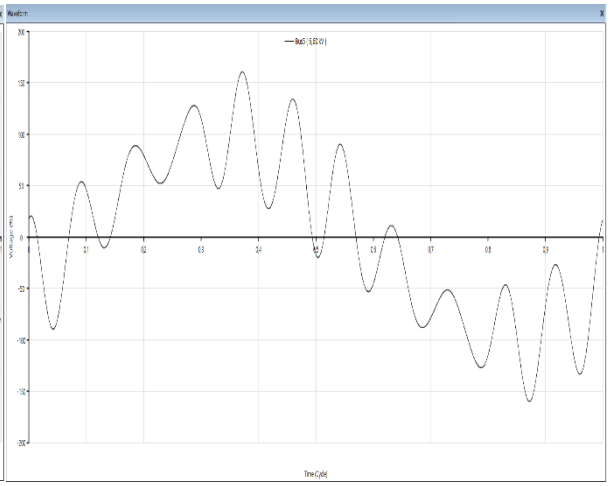
Sadece yükün olduğu 1.Durumda Bus5 barasının empedans değeri 50hz frekansında sağlıklı bir şekilde düşük empedans gösterdiği ve 50Hz üzerindeki sinyallerde ise yüksek empedans gösterdiği görülmüştür. Kompanzasyon panosunun devrede olduğu 2.Durumda ise 550Hz değeri ve üzerindeki diğer frekanslarda Bus5 barasının empedans değeri düşmektedir. Bu durumda harmonik bozunumunu arttırmaktadır. Filtrelerin sisteme dahil edilmesinden sonra filtre frekansı olan 550Hz ve 650Hz değerlerinde Bus5 bara empedansının ciddi derecede düştüğü görülmektedir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

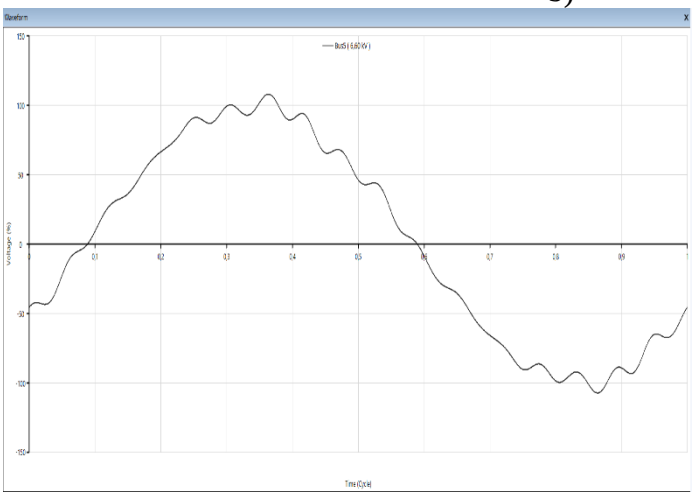
Yapılan bu çalışma sonucunda Çizelge 3'te de görüleceği üzere THDv değerlerinin uluslararası standartların belirlediği sınır değer olan %8 değerinin altına düştüğü ve Görsel 5'te de görüleceği üzere gerilim dalga şeklinin sinüzoidal dalga şekline yaklaştığı görülmüştür. Tesislerde güç faktörü düzeltmesi için kullanılacak olan kompanzasyon panolarının tasarımı yapılmadan önce sistemdeki harmoniklerin kontrol edilmesi tesisin güvenliği için gereklidir. Tesisteki harmonik sorununun filtreler aracılığıyla giderilmesinden ancak kompanzasyon panosu sağlıklı bir şekilde görevini yerine getirebilmektedir.



a)



b)



c)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 5. 1.Durum(a), 2.Durum(b) ve 5.Durum(c) gerilim dalga şekilleri

KAYNAKÇA

1. Makhijani, P., Parihar B., Soni, C., Solanki, M., *CASE STUDY: POWER FACTOR IMPROVEMENT AND HARMONIC ANALYSIS*, IEEE International Power and Renewable Energy Conference (IPRECON), Karunagappally, 2020.

2. Boonseng, C., Boonseng, R., Kularbphettong, K., *Harmonic Filter Design Using Actual Recorded Data to Prevent Resonance in the Synchronous Generator for Biomass Power Plants*, 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems(ICEMS), Harbin, 2019.

3. Türkay, B., *Harmonic Filter Design and Power Factor Correction in a Cement Factory*, 2001 IEEE Porto Power Tech Conference, Porto, 2001.

4. Boonseng, C., Gıtnumlapcharoen, P., *Effect of Low Harmonic Current Under Large Transformers on Harmonic Resonance Assessment in Industrial Systems*, IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Langkawi, 2022.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

A MULTIPURPOSE SOLAR TRACKING SYSTEM ON A UNIVERSITY CAMPUS

Hasan Hüseyin Çevik [1], Muhammed Gül [2]

[1]Selçuk University, Faculty of Technology, hasanhcevik@selcuk.edu.tr, 0000-0002-5521-5434

[2]Maxwatt Enerji Ltd., muh.gul97@gmail.com, 0009-0007-5323-7609

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) cells/panels are among the most widely utilized renewable energy technologies due to their long lifespan, low maintenance costs, scalability, and short payback period. Several solutions have been developed to enhance the efficiency of PV systems, with solar tracking systems standing out as one of the most effective. These systems track the sun's movement throughout the day, enabling sunlight to strike the PV panel at an optimal angle and thereby increasing electrical energy generation. In this study, a single-axis solar tracking system was designed and implemented for a 100W monocrystalline PV panel. The system consists of a linear actuator for rotation control, a gel battery for energy storage, two PV cells to detect the sun's position, a LED luminaire for lighting, USB outputs for mobile phone charging, a charge control circuit, and a microcontroller to manage system operations. The solar tracking system was installed in a high-pedestrian-density university campus area and was utilized for various purposes, including lighting, mobile phone charging, and educational demonstrations. To raise awareness about the system, a YouTube video was created, explaining the technical details of its design and installation phases. A QR code linking to the video was placed on the system, and the video has garnered 10K views over two years.

Keywords: Photovoltaic Panel, Single-Axis Tracker, Solar Energy, Solar Tracking System

1. INTRODUCTION

Photovoltaic (PV) cells are devices that convert light energy coming from the sun into electrical energy through the photovoltaic effect. The history of PV cells began in the 1840s and advanced with the invention of the first practical silicon solar cell in the 1900s. By the 1950s, the efficiency of these cells had improved to a range of 6% to 10%, and they were utilized for the first time to power a satellite. In the subsequent decades, the 1960s and 1970s, these cells found application in remote locations with limited or no access to the electrical grid, including communication and weather stations [1].

Today, ground-mounted PV power plants are widely used to supply power to the electrical grid, while rooftop PV systems are extensively employed to meet the self-consumption needs of homes and factories. The decrease in panel prices and the increase in panel efficiency have played a significant role in their widespread use. In 1975, panel prices were over $100/W, whereas today they have dropped to approximately $0.3/W [2]. Although

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PV modules with efficiencies approaching nearly 50% have been developed, cost-effective commercial products with 20-25% efficiency are the most commonly used [3,4].

There are several ways to improve the efficiency of PV panels. These include selecting more efficient panel types, installation according to the appropriate tilt and azimuth angles for fixed panels, incorporating additional cooling systems, regularly cleaning the panels, and equipping them with sun-tracking capabilities. The amount of electrical energy generated by PV panels depends on the intensity and angle of the sunlight incident on the panel. The intensity of sunlight striking the panel varies based on factors such as location, date, time of day, cloudiness/fog levels, and air pollution. While it is nearly impossible to alter these factors, changing the angle of sunlight reaching the PV panel is possible using solar tracking systems. By adding rotation mechanisms to PV panels, the angle of incidence of sunlight can be maintained closer to perpendicular throughout the day compared to fixed panels. This allows sunlight to strike the panels more directly, increases the duration of sunlight exposure, and consequently results in higher electricity generation.

Solar tracking systems are categorized into single-axis and dual-axis systems. Numerous studies on this topic are available in literature. For instance, a single-axis solar tracking system was developed for a 24W solar panel [5]. LDR sensors were used for sunlight detection, and a stepper motor was employed for rotation. An Arduino Mega was utilized as the controller. The system, costing $147, demonstrated a 25% efficiency improvement compared to a fixed-angle system. In another study, a single-axis solar tracking system was implemented for a 30W panel using a PIC18F877A microcontroller. A DC motor was used for rotation, and LDR sensors were employed for light detection. As a result of the instantaneous power measurements, it was observed that the solar tracking system produced more energy than the fixed system [6].

A study focused on minimizing the energy consumed for solar tracking has been conducted [7]. In addition to the solar tracking system, a system incorporating a small sensor called PILOT and a mini electric motor was utilized. Instead of moving the entire system continuously, the PILOT system moves first. When the angular difference between the PILOT system and the solar tracking system exceeds a predefined threshold, the solar tracking system begins to move. This approach reduced energy consumption for rotation by 20%, making the system more efficient. In another study, a low-power panel was used to develop a prototype single-axis and dual-axis solar tracking system to charge a 1.5W mobile phone [8]. Compared to a fixed panel, the single-axis system demonstrated a 30% increase in efficiency, while the dual-axis tracking system improved efficiency by 40%.

In this study, a single-axis solar tracking system was designed and implemented. The installation of this system was made at a point where there is a high density of people in the university campus. It served three purposes simultaneously: providing lighting for nearby seating benches, enabling students on campus to charge their mobile devices, and functioning as an educational tool for the renewable energy sources course. A 100W solar panel was installed at a tilt angle of 30 degrees facing south and was designed to rotate in the east-west direction. The panel tracks the sun every 10 minutes throughout the day. A video documenting the setup process and technical details of the system was created, and a QR code linking to this video was placed on the solar tracking system. The video has been viewed 10,000 times over the past two years. While most studies in the literature involve prototype systems with small

panels ranging from 20W to 50W, the system designed and implemented in this study stands out as an active, fully operational system that simultaneously achieves multiple objectives.

2. DESIGN and IMPLEMENTATION OF THE SOLAR TRACKING SYSTEM

A single-axis solar tracking system consists of three main components: hardware, software, and mechanical system. The hardware component comprises electronic components and the electrical input-output units used in the system. Initially, the circuit was made operational using electronic components on a breadboard. Subsequently, software trials were conducted on the microcontroller to ensure the electronic circuit operated as intended. The design of the mechanical system was carried out in a 3D environment, considering the dimensions of the PV panel. Then, steel profiles were cut and welded suitable for this design to complete the supporting structure and the framework where the panel would be mounted. Finally, the electronic circuit and software were tested using the actual input-output components employed in the system. Necessary improvements were made based on the test results, and the system was ultimately made operational.

Table 1. System Components and Technical Specifications

Component Name	Technical Specifications
Solar Panel	Monocrystalline, 100W, *Vmp=20.7V, Imp=5.05A,*
Sensors	2x5V PV Cell
Linear Actuator	12 V, Imax=4.2 A, Speed:7.5 mm/s, Torque:200 kg.cm
Gel battery	12V, 40Ah, Lead Acid Gel
LED	12V, 10W
USB Charging Ports	2x2 (1A and 2.1A)
Solar Charge Controller	12V, 20A, 240W
Microcontroller	Arduino Uno
Standing Mechanism	Steel Profile



Figure 1. Front Perspective of the Single-Axis Solar Tracker

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

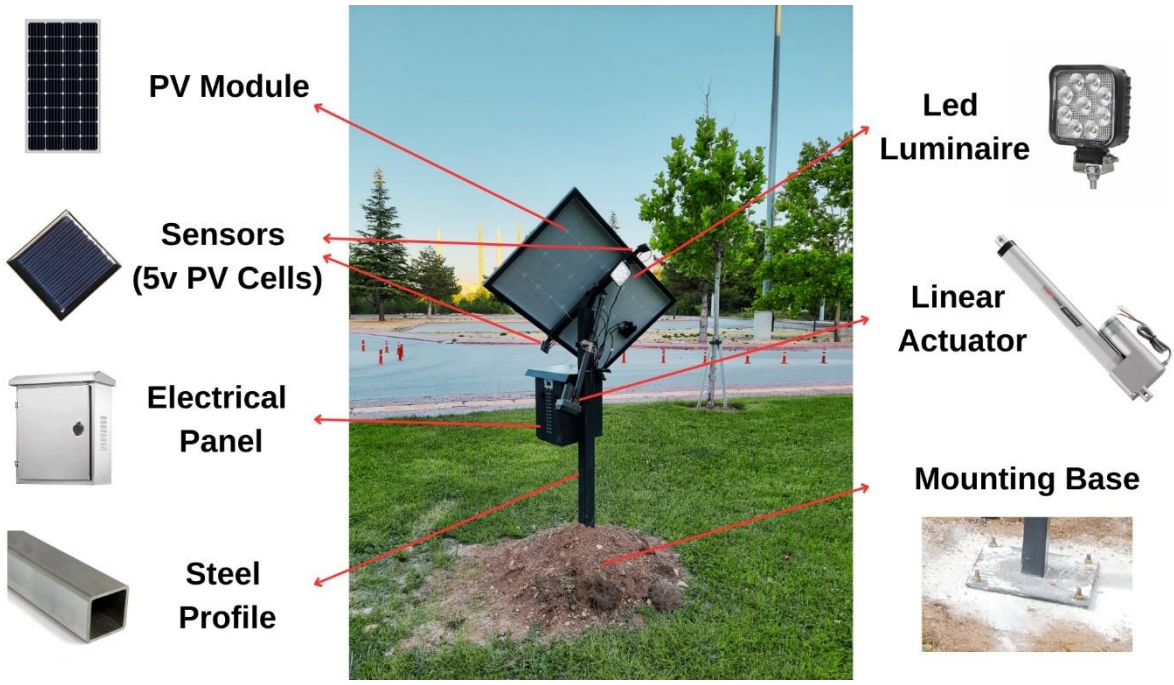


Figure 2. Rear Perspective of the Single-Axis Solar Tracker

2.1. Components

The components of the solar tracking system and their technical details are provided in Table 1. The front view of the system after installation is shown in Figure 1. The PV panel is oriented southward with a tilt angle of 30 degrees. During the day, it tracks the sun's movement along the east-west axis. The rear view of the system is shown in Figure 2. As seen in Figure 2, the sensors are placed on the ground to the right and left of the 100W PV panel at a tilt angle of 45 degrees. These sensors are read every 10 minutes. The rotational movement is performed using a linear actuator. The rotation limits in the east and west directions are restricted by limit switches located inside the linear actuator. The LED luminaire used for lighting is mounted on the rear side of the panel. Additionally, an electrical panel is placed beneath the panel. To mount the solar tracking system to the ground, the area was excavated, and a concrete manhole cover was placed here. The system is fixed onto this cover using steel anchors.

Figure 3 shows the components located inside the electrical panel. The solar charge controller is used to regulate the voltage generated by the PV panel to a level suitable for charging the battery and powering the lighting system. A total of four USB charging ports are installed underneath the solar charge controller to charge mobile phones. At the bottom of the electrical panel, a gel battery is used. Gel batteries are commonly preferred in PV systems because they are resistant to deep discharge cycles. Finally, a control box is also located inside the electrical panel. This box contains three buttons on it. The yellow buttons on the right and left sides are for manually rotating the panel east and west directions. The green button in the middle is the on/off button. Inside the control box, there is an Arduino Uno as a

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

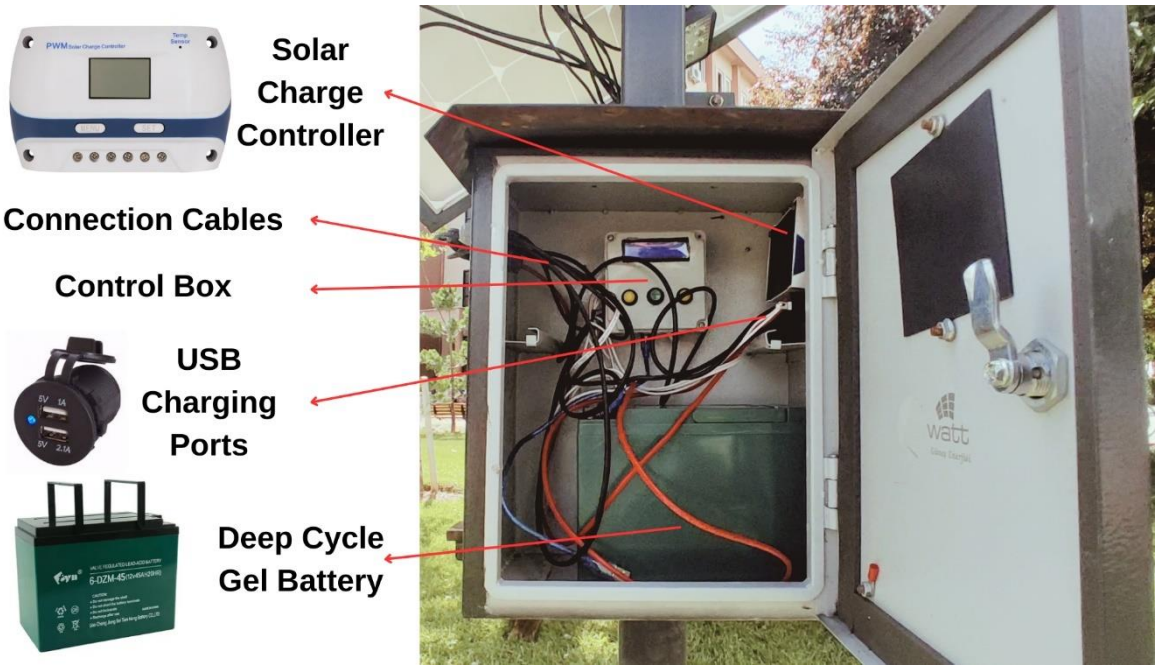


Figure 3. Inside the Electrical Panel

microcontroller, an LCD screen for displaying sensor values, and a custom-designed PCB board for driving the outputs. The developed PCB board is shown in Figure 4.

2.2. Working Principle

Arduino Uno was used as the microcontroller in the system. The operation of the software loaded onto the controller proceeds in the following sequence:

- The voltage values generated by the two sensors (PV cells) placed at an angle next to the PV module are sent to the analog inputs of the controller.
- The analog voltage values are converted to digital using the analog-to-digital converter in the microcontroller.
- The two digital values are compared. If the sensor value in the south direction is 4% greater, the panel is moved southward. If the sensor value in the east direction is 4% greater, the panel is moved eastward. Otherwise, the panel is not rotated.
- During each movement, the real-time changes in the sensor values are dynamically read. Movement continues until the difference between the two sensor values is reduced to 1%. In this way, the orientation of the sun relative to the panel is optimized.
- This process is repeated every 10 minutes. The interval is not made shorter because a shorter duration would cause the panel to rotate continuously, consuming excessive energy.
- In the evening, as sunlight decreases, the voltage values from the sensors drop to a minimum level. When the values from both sensors fall below 1V, the system detects that it is evening and moves the panel back to the east position.
- Since it is detected to be evening, the LED luminaire is also turned on.

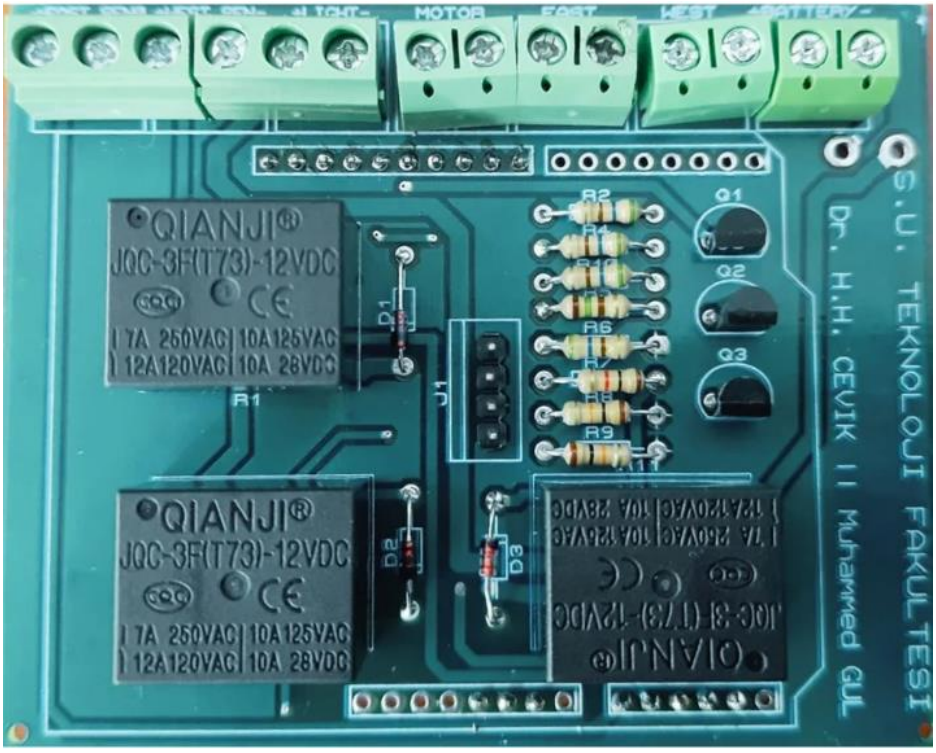


Figure 4. Developed PCB Board for Solar Tracking System

- Additionally, while in night mode, the system continuously monitors the battery status. If the battery voltage drops below the predefined threshold, all outputs are turned off to protect the system. This prevents the battery from completely discharging, ensuring the longevity of the system.
- In the morning, as the sun rises and the voltage values from the sensors exceed 1V, the LED luminaire is turned off.
- Throughout the day, the solar tracking system performs its rotation from east to west.

2.3. Site Selection

The installation of the solar tracking system was planned by examining the areas surrounding the Faculty of Technology located on the Selçuk University Campus. Figure 5 shows the top view of the faculty building. The areas to the right and behind the faculty were deemed unsuitable for installation as they are used as car parking lots. Similarly, the areas to the left and in front of the faculty were not suitable due to excessive shading caused by the trees in these locations. Considering the orientation of the faculty, the solar tracking system was installed at the location marked with a red bookmark in Figure 5.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Figure 5. Selected Site for Installation

Figure 6. QR Code for Accessing the Solar Tracker Introductory Video

3. RESULTS AND DISCUSSION

This study focuses on a single-axis solar tracking system with three main objectives: lighting, mobile phone charging, and use as an educational material**.** The lighting function addresses the illumination needs of the seating area located behind the installation site, which previously lacked sufficient lighting. With the installation of the solar tracking system, this area's lighting requirements have been met. The second objective is to meet the mobile phone charging needs of students through the four USB charging ports (2x1A, 2x2.1A) integrated into the solar tracking system. Lastly, the system serves as an educational tool for the Renewable Energy Sources course given by the Department of Electrical and Electronics Engineering. Students enrolled in the course are brought near to the solar tracking system, where the process of solar tracking is explained through observation of both manual control and automatic operation.

A video explaining the operation, design, implementation processes, and technical details of the solar tracking system has been prepared. This 10-minute video has been uploaded

to the YouTube platform. Additionally, a QR code providing access to the video has been created and this QR code can be seen in Figure 6. A poster containing this QR code has been pasted onto the solar tracking system. Thus, people passing near the solar tracking system could watch the video by scanning the QR code. Over the past two years, the video has been viewed 10,000 times, thereby increasing awareness of the solar tracking system

4. CONCLUSION

In this study, a single-axis solar tracking system was designed, implemented, and installed on the university campus. Most studies in the literature involving solar tracking systems use small panels with power outputs ranging from 20 to 50W and are developed only for short-term testing and measurement purposes. In contrast, the solar tracking system implemented in this study has been actively operating for two years and continues to function, distinguishing it from similar examples in literature. A video explaining the system's operation and details has been prepared, and the information about the system has been digitized. This video has been uploaded to the YouTube platform, making the information publicly accessible.

REFERENCES

[1] Marques Lameirinhas, R. A., Torres, J. P. N., Melo Cunha, J. P. A photovoltaic technology review: History, fundamentals and applications, *Energies*, *15*(5), 2022.

[2] IRENA, Renewable power generation costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2024.

[3] Fazal, M. A., Rubaiee, S. Progress of PV cell technology: Feasibility of building materials, cost, performance, and stability, *Solar Energy*, *258*, 203-219, 2023.

[4] Geisz, J. F., Steiner, M. A., Jain, N., Schulte, K. L., France, R. M., McMahon, W. E., Friedman, D. J. Building a six-junction inverted metamorphic concentrator solar cell, *IEEE Journal of Photovoltaics*, *8*(2), 626-632, 2017.

[5] Munanga, P., Chinguwa, S., Nyemba, W. R., Mbohwa, C. Design for manufacture and assembly of an intelligent single axis solar tracking system, *Procedia CIRP*, *91*, 571-576, 2020.

[6] Ponniran, A., Hashim, A., & Munir, H. A. A design of single axis sun tracking system, *5th International Power Engineering and Optimization Conference* (pp. 107-110), IEEE, 2011.

[7] Ghassoul, M. Single axis automatic tracking system based on PILOT scheme to control the solar panel to optimize solar energy extraction. *Energy Reports*, *4*, 520-527, 2018.

[8] Ray, S., Tripathi, A. K. Design and development of tilted single axis and azimuth-altitude dual axis solar tracking systems, *IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)* (pp. 1-6). IEEE, 2016.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REAL-TIME IMAGING WITH A CUSTOM-BUILT INVERSE SYNTHETIC APERTURE RADAR SYSTEM

Serdar AKCIL
Sakarya University/Department of Electrical and Electronics Engineering,
serdar.akcil@ogr.sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0009-0001-8482-5266

Prof. Dr. Askin DEMIRKOL
Sakarya University/Department of Electrical and Electronics Engineering,
askind@sakarya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-3002-1585

Assist. Prof. Dr. Ridvan Firat CINAR
Batman University/Department of Computer Engineering,
ridvanfirat.cinar@batman.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0904-2165

ABSTRACT

This study presents a real-time ISAR (Inverse Synthetic Aperture Radar) application with detailed technical insights. The research includes ISAR background, mathematical formulation, implementation, results, and technical evaluations. A hardware setup was designed, including a custom-built target. Real-time imaging of the target's position was achieved using MATLAB. The developed system provides high-resolution image of target scene and shows the reliability of the ISAR principles. Experimental results show the success and precision of the proposed approach. This work contributes to real-time radar imaging techniques, offering a practical implementation for future studies.
Keywords : Communications-Electronics, Inverse Synthetic Aperture Radar, Radar Imaging, Signal Processing.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INTRODUCTION

Radar (Radio Detection and Ranging) is a system that determines the location, speed, direction or other characteristics of an object using electromagnetic waves. The radar sends radio waves to the target and collects information by detecting the waves reflected from the target. This technology is used for the detection and tracking of aircraft, ships, cars, and even atmospheric phenomena. Modern radar systems are used in many fields such as defense, aviation, meteorology, traffic control and astronomy [1-2].

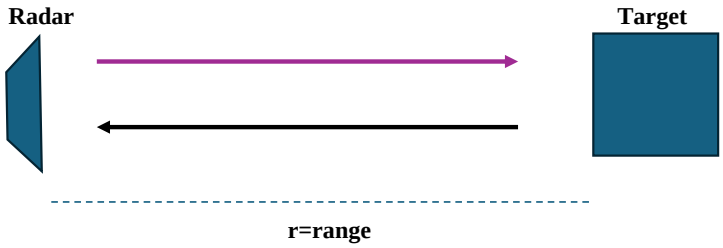


Figure 1: Schematic representation of a radar

Radar is a system that detects the position, speed, and direction of objects using electromagnetic waves. Historically, its foundations took place with the discovery of the reflection of electromagnetic waves by Heinrich Hertz at the end of the 19th century, and the first prototype was developed in the 20th century with Christian Hülsmeyer's "Telemobiloscope" device. During World War II, radar technology made a great leap, and after the war, it found wide applications with innovations such as microwave radars and Doppler radars [1-2].

This study considers a real-time application of the Reverse Synthetic Aperture Radar (ISAR) system to obtain high-resolution radar images of moving targets. Real-time imaging was provided with the theoretical background, mathematical model and a MATLAB-based system of the ISAR technique. The study demonstrates the effectiveness of the method by presenting high-fidelity, albeit low-resolution, images. In addition, hardware and algorithms are detailed, the results are evaluated and suggestions for resolution enhancement are presented [3-11].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVERSE SYNTHETIC APERTURE RADAR IMAGING TECHNIC

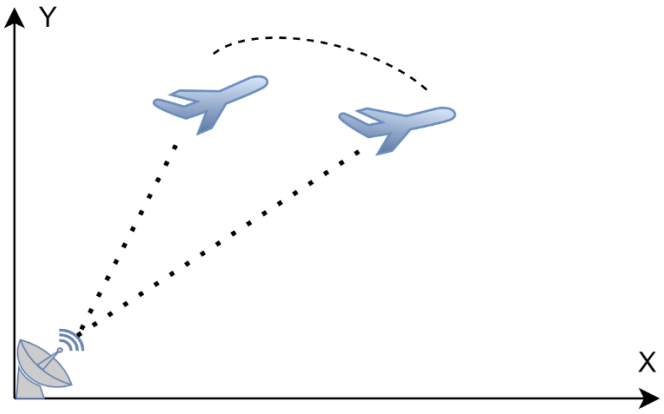


Figure2. ISAR scenario

The first step of ISAR imaging is to generate the electric field dataset using the signal reflected from the target after sending the radar signal to the target. The 2D electric field scattering dataset, where Φ_M is the radar's viewpoint from M different points on the target, is as follows:

$$E^s \cong A_0\, exp\left(-2j\vec{k}\vec{r_0}\right) \quad (1)$$

$$\vec{k} = k \cdot \hat{k} \quad (2)$$

$$= k \cdot (\hat{x} \cdot cos(\phi) + \hat{y} \cdot \sin(\phi)) \quad (3)$$

$$\vec{k} \cdot \vec{r_0} = k \cdot (\hat{x} \cdot cos(\phi) + \hat{y} \cdot \sin(\phi))(x_0 \cdot \hat{x} + y_0 \cdot \hat{y}) \quad (4)$$

$$= k \cdot (x_0 \cdot cos(\phi) + y_0 \cdot \sin(\phi)) \quad (5)$$

$$= k_x \cdot x_0 + k_y \cdot y_0 \quad (6)$$

If equation number 6 is written in 1;

$$E^s \cong A_0\, exp(-2jkx_0 \cdot cos(\phi)) \cdot exp(-2jky_0 \cdot sin(\phi)) \quad (7)$$

Here;

$$\cos(\phi) \cong 1 \quad (8)$$

$$\sin(\phi) \cong \phi \quad (9)$$

equality is written.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The A_0 value in these equations is the reflection coefficient of the point with (x_0, y_0) coordinate values reflected from the target.

In equation 7, k is the wave number vector,

$$k \cong k_c = \frac{2\pi f_c}{c} \tag{10}$$

f_c and c (speed of light) are the center frequency and speed of the EM signal, respectively. If equation 7 is rearranged,

$$E^s(k,\phi) \cong A_0 \cdot exp\left(-j2\pi(\frac{f}{c})x_0\right) \cdot exp\left(-j2\pi(\frac{2k_c\phi}{c})y_0\right) \tag{11}$$

$$E^s(k,\phi) \cong A_0 \cdot exp(-j2\pi\alpha x_0) \cdot exp(-j2\pi\gamma y_0) \tag{12}$$

The result is reached. With this equation, the electric field data set of the point (x_0, y_0) is achieved.

Consequently, the scattered electric field from the target can be expressed as the sum of the contributions from each i-th point, as follows:

$$E_s(k,\phi) \cong \sum_{i=1}^{K} A_i \, exp\left(-2j\vec{k}\vec{r_i}\right) \tag{13}$$

$$\vec{r_i} = x_i \cdot \hat{x} + y_i \cdot \hat{y} \tag{14}$$

The equation 14 is the range of the scattering point.i.

Now, the critical point of ISAR imaging is to get the electric field data set. If 2D IFT is applied to equation 12, the ISAR image of the target is found:

$$F_{\alpha,\gamma}^{-1}\{E^s(k,\phi)\} \cong A_0 \cdot F_\alpha^{-1}\{exp(-j2\pi\alpha x_0)\} \cdot F_\gamma^{-1}\{exp(-j2\pi\gamma y_0)\} \tag{15}$$

$$= A_0 \cdot \left(\int_{-\infty}^{+\infty} exp(-j2\pi\alpha x_0) \cdot exp(j2\pi\alpha x)\, d\alpha\right) \cdot \left(\int_{-\infty}^{+\infty} exp(-j2\pi\gamma y_0) \cdot exp(j2\pi\gamma y)\, d\gamma\right) \tag{16}$$

$$= A_0 \cdot \delta(x - x_0, y - y_0) \tag{17}$$

$$= ISAR(x,y) \tag{18}$$

Here δ is the Dirac function [3, 4, 11].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EXPERIMENTAL STUDIES

Imaging Algorithm

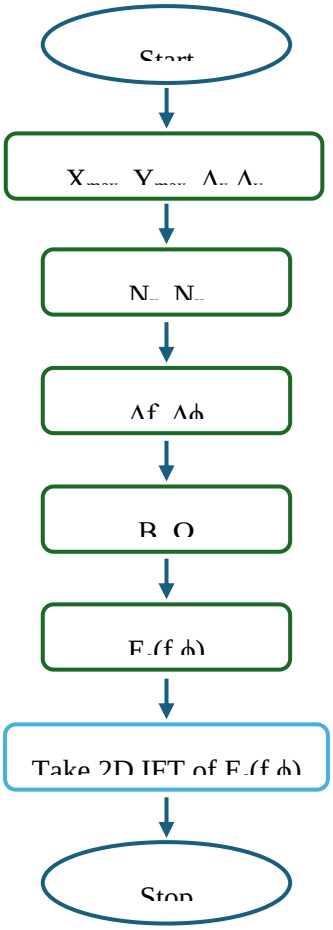


Figure 3. Flowchart of the ISAR algorithm

Flowchart given in figure 3. represents the computational steps in an ISAR imaging process, including the definition of spatial and frequency parameters, data synthesis, and the application of a 2D inverse Fourier transform to generate the image of the target scene.

The HB100 Microwave Doppler Radar module was used to generate the ISAR image of the real target, which will be presented in later chapters. However, since this module does not directly calculate the range, the electric field data set given by equation 13 cannot be created. In this case:

$$r = c\frac{\tau}{2} \tag{19}$$

where r, c and $\tau/2$ are respectively the range speed of light and half the time difference between the transmitted signal and the signal returned to the radar.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

It is necessary to determine the ISAR image size by selecting the range (X_{max}) and cross-range (Y_{max}) window extensions. This size should cover the real size of the target. It should be noted that the size of the target may vary depending on the radar's viewing angle. Also, the range and cross-range resolutions (Δ_x and Δ_y) are of critical importance, because these resolutions determine the number of pixels on the target and directly affect the image quality. After determining the resolutions, the sampling points on the range and cross-range axes (N_x and N_y) are calculated:

$$N_x = X_{max}/\Delta x \tag{20}$$

$$N_y = Y_{max}/\Delta y \tag{21}$$

Once the ISAR size is determined, the frequency (Δf) and angular ($\Delta\phi$) resolutions are calculated using Fourier relationships:

$$\Delta f = B/N_x = c/(2 \cdot X_{max}) \tag{22}$$

$$\Delta\phi = \Omega/N_y = \lambda c/(2 \cdot Y_{max}) \tag{23}$$

Accordingly, the frequency bandwidth (B) and angular width (Ω) are calculated as:

$$B = N_x * \Delta_f = N_x \cdot c/(2 \cdot X_{max}) \tag{24}$$

$$\Omega = N_y \cdot \Delta_\phi = N_y \cdot \lambda c/(2 \cdot Y_{max}) \tag{25}$$

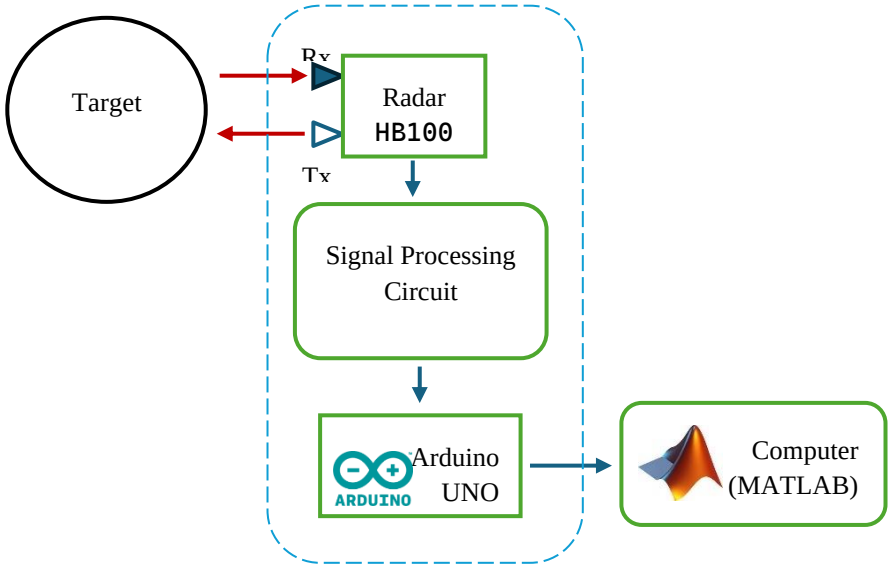


Figure 4. System block diagram

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The back-reflected electric field must be summed so that the frequencies are centered around f_c and the radar viewing angles around ϕ_c [4]. The system block diagram that performs this procedure is given in figure 4:

Experimental Setup

In this study, HB100 Microwave Doppler radar module is used. HB100 Microwave Sensor Module is an X-Band Bi-Static Doppler transceiver module used for motion detection applications. However, since the transceiver antennas are quite close to each other, it can be assumed to be monostatic. It includes an internal Dielectric Resonator Oscillator (DRO) and Microstrip patch antenna array. Thanks to these specifications, it is an ideal choice for motion detection equipment. For all specifications, you can review table 1.

Table 1. Technical Specifications

Specification	Value
Frequency	10.525 GHz
Operating Voltage	4.75 V - 5.25 V DC
Current Consumption	30 - 40 mA
Radiation Power (EIRP)	12 - 20 dBm
Antenna Beam Width (for Azimuth)	80°
Antenna Beam Width (for Elevation)	40°
Range Error Rate	200 μV_{p-p} received signal strength, measured based on a total two-way path loss of 93 dB
Operating Temperature	-15°C - 55°C
Noise Level	5 μV_{rms} (Measured between 10 Hz and 100 Hz)
Output Sensitivity	It is resistant to electromagnetic interference and provides precise detection.

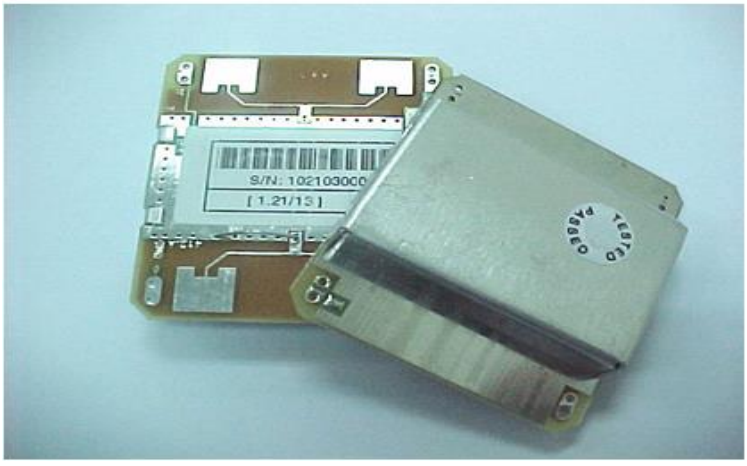


Figure 5. HB100 Microwave Doppler Radar Module

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

This product is distinguished by its low current consumption, the option of operation in continuous wave (CW) or pulse mode, flat and compact design. Thanks to its long sensing distance and high sensitivity in motion detection, it provides a great advantage in usage areas. It also requires minimal connections for easy integration, making the installation and usage processes quite simple.

When we look at its application areas, it plays an active role in security systems by reducing the false alarm rate, especially when used with microwave-PIR sensors. It provides door control by detecting motion in automatic door opening systems, allows accurate results to be obtained by using the Doppler effect in vehicle speed measurement, and automatically activates lighting systems by detecting environmental movements in lighting control. These features allow the product to offer a wide range of uses in various fields.

The schematic representation of the module is as follows.

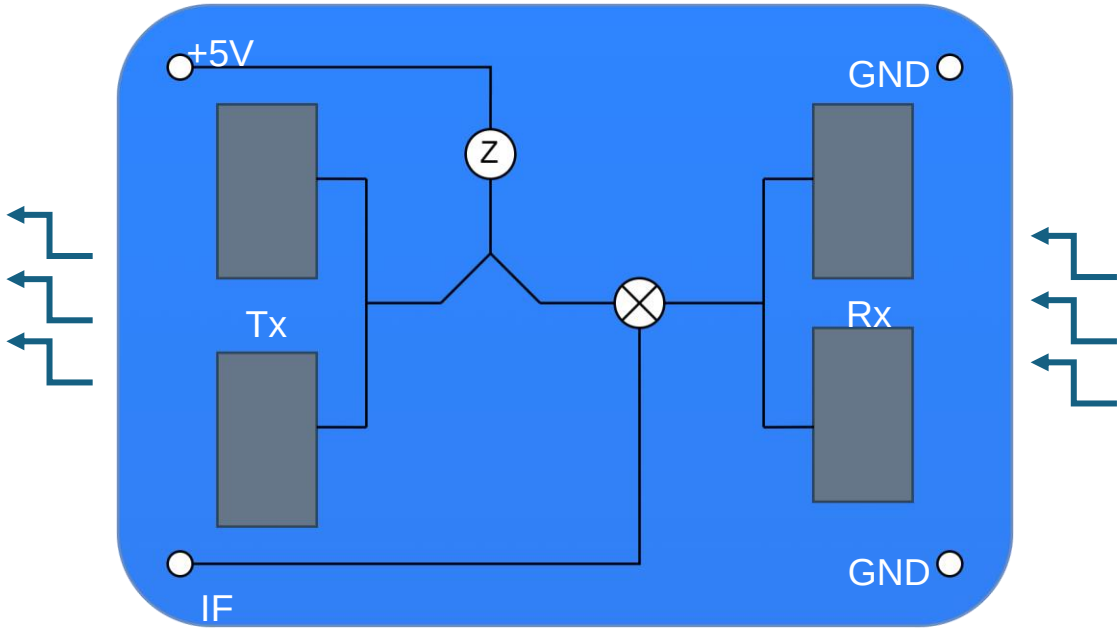


Figure 6. HB100 Microwave Doppler Radar Module Schematic [12]

As shown in the figure, the module has four pins: these pins include a power supply (+5V) pin where a +5V input voltage can be applied, an IF pin where the calculation results (target speed, range) can be obtained, and two ground pins labeled as GND. Additionally, the component marked with "Z" inside the circle is the Dielectric Resonator Oscillator (DRO). DRO is a type of high-precision oscillator used in microwave and RF (Radio Frequency) applications. DROs generate stable signals at a specific frequency with the help of a dielectric resonator. The HB100 sensor module uses a DRO operating at a fixed frequency of 10.525 GHz.

Meanwhile, the structure marked with “X” inside the circle is the mixer. In the HB100 Microwave Sensor Module, the mixer combines the local oscillator signal (the 10.525 GHz

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

signal generated by the DRO) with the reflected radar signal to produce an intermediate frequency (IF) signal. This IF signal is processed based on data such as target movement or speed information. The mixer is a critical component for detecting the Doppler effect in the module and is essential for speed and motion detection.

The general view of the experimental setup used in the ISAR imaging application is as follows:

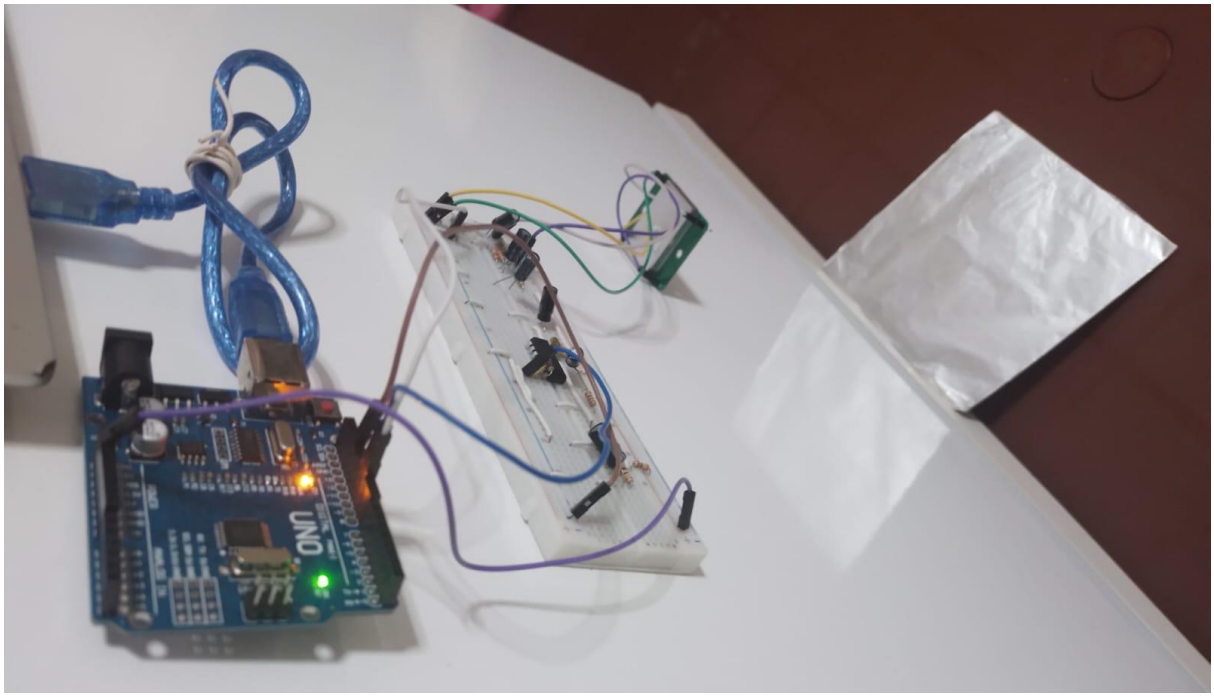


Figure 7. Experimental setup

In the figure, the circuit on the breadboard is the signal processing circuit. This circuit transmits the target information from the radar to the Arduino UNO after amping it with the op-amp. After the range calculation is made in Arduino, the information created in real time with serial communication is transferred to MATLAB. In MATLAB, on the other hand, the ISAR image of the target is obtained by passing it through the ISAR algorithm.

When creating the signal processing circuit, the circuit diagram that operates the radar module in pulse mode was followed. So, the schematic of the signal processing circuit is as follows:

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

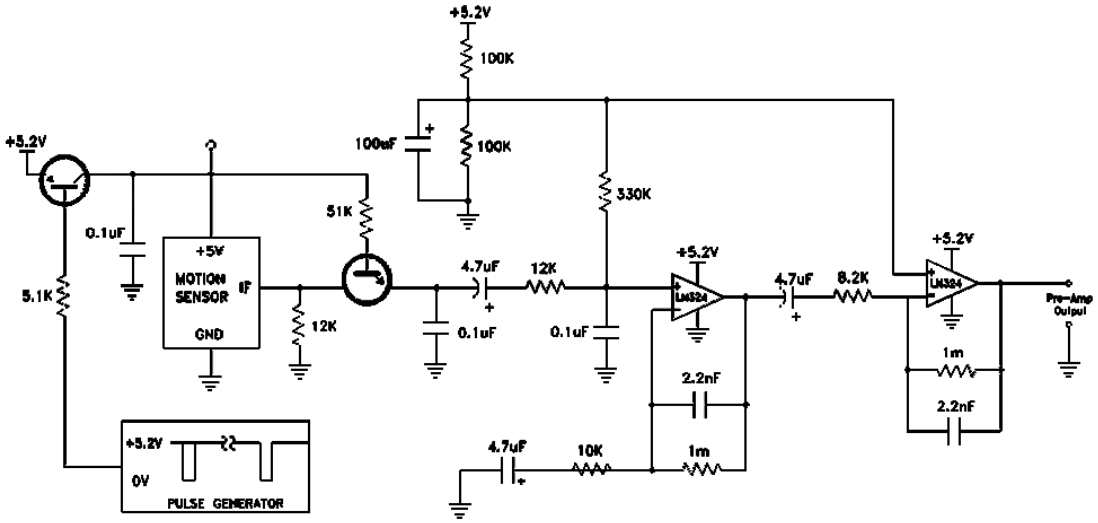


Figure 9. Signal processing circuit schematic [12].

This circuit is designed to process and amplify weak signals received from a motion sensor to produce a usable output. The low-amplitude signal from the sensor is amplified using a transistor-based preamplifier and an LM324 operational amplifier. Passive components in the circuit (resistors and capacitors) serve as filters to eliminate unwanted noise components from the signal. The filtered and amplified signal is provided as a clean and stable output at the "Pre-Amp Output" terminal. This circuit can be used in motion detection systems for high-accuracy signal processing and tracking applications.

The model target made of an aluminum plate used in this application is shown below:



Figure 10. Target.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

RESULTS

As a result, r_i in equation 13 is calculated for each value and the ISAR image of the target is obtained as in figure 11.

The red dot in the ISAR image indicates the exact location of the target. The target was detected at approximately 0.5 meters on the range axis and 0 meters on the cross-range axis. The ISAR technique uses Doppler frequency shifts to create high-resolution two-dimensional images depending on the movement of the target. In this technique, the reflection data from moving targets are processed to determine the range and cross-range coordinates with precision. In this study, the red dot indicates that the target was successfully detected on the ISAR image, and the signal processing algorithm used was accurate. The system effectively determined the target's location.

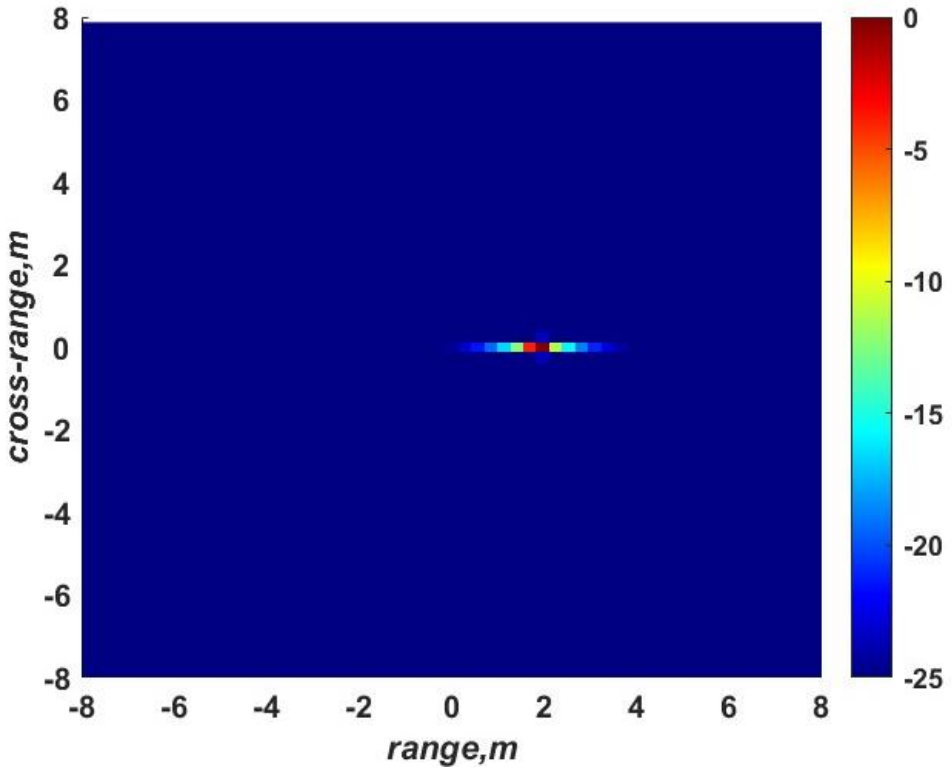


Figure 11. ISAR image of the target

REWIEV AND DISCUSSION

In this study, it has been shown that the target can be successfully imaged using ISAR (Inverse Synthetic Aperture Radar) algorithms. A MATLAB-based ISAR algorithm has been implemented in real time on a simple and economical hardware such as the HB100 Microwave Doppler radar module, and by sampling the electric field data sets of the targets, sensitive and high-accuracy radar images have been obtained, albeit at low resolution. The obtained results

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

are largely consistent with theoretical models and contribute to real-time applications in the field of radar imaging. It is anticipated that the resolution and sensitivity characteristics of this study can be exceeded by using more advanced hardware and more complex target environments in the future.

REFERENCES

[1]. M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

[2]. M. I. Skolnik, Ed., *Radar Handbook*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1990.

[3]. V. C. Chen, *Time-Frequency Transforms for Radar Imaging and Signal Analysis*. Norwood, MA: Artech House, 2002.

[4]. C. Özdemir, *Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging with MATLAB Algorithms*. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

[5]. D. Brandwood, *Fourier Transforms in Radar and Signal Processing*. Boston, MA: Artech House, 2003.

[6]. M. Soumekh, *Synthetic Aperture Radar Signal Processing with MATLAB Algorithms*. New York: Wiley-Interscience, 1999.

[7]. B.-C. Wang, *Digital Signal Processing Techniques and Applications in Radar Image Processing*. Hoboken, NJ: Wiley, 2008.

[8]. M. A. Richards, *Fundamentals of Radar Signal Processing*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

[9]. K. S. Chen, *Radar Scattering and Imaging of Rough Surfaces: Modeling and Applications with MATLAB*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2015.

[10]. R. F. Çınar, A. Demirkol, and Z. Demir, "An ambiguity function aided target density function for radar imaging," *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, vol. 9, no. 7-8, pp. 850–853, 2015. [Online]. Available: https://acikerisim.sakarya.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12619/64744

[11]. Z. Peng, J. L. Volakis, J. Wang, and Y. Yao, "24-GHz biomedical radar on flexible substrate for ISAR imaging," in *Proc. 2016 IEEE MTT-S Int. Wireless Symp. (IWS)*, Shanghai, China, 2016, pp. 1–4. doi: 10.1109/IEEE-IWS.2016.7585445.

[12]. Agilsense, "HB100 Microwave Sensor Module," Datasheet, ver. 1.02, Agilsense, Singapore, 2000. [Online]. Available: www.agilsense.com. [Accessed: Dec. 28, 2024].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KESTİRİMCİ BAKIM İLE ÜRETİM VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

İlyas Güvenç PİRGE
Manisa Celal Bayar Üniversitesi/Kervan Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.
guvencpirge@gmail.com - 0009-0008-3978-1883

İlhan BAŞTÜRK
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
ilhan.basturk@cbu.edu.tr - 0000-0003-1869-6010

ÖZET

Endüstriyel tesislerde üretim sürekliliği, rekabette öne çıkmak için kritik bir öneme sahiptir. Üretim hatlarında gerçekleşen herhangi bir arıza, uzun duruşlara neden olup üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Kestirimci bakım, makine öğrenmesi algoritmalarıyla ekipman arızalarını önceden tahmin ederek gerekli müdahalelerin yapılmasına ortam hazırlayan planlı bakımlara olanak tanır. Bu çalışmada, bir gıda üretim tesisindeki nişasta transfer sisteminde titreşim, nem ve sıcaklık gibi parametreler kullanılarak makine öğrenmesi modelleri geliştirilmiştir. KNN, Naive Bayes, Random Forest ve XGBoost gibi algoritmaların performansları karşılaştırılmış ve XGBoost algoritmasının arıza tahmininde daha başarılı bir performans gösterdiği görülmüştür. Bu sonuç, kestirimci bakıma dayalı bir yaklaşımın oluşabilecek anomali durumlarını önceden tespit etmesi açısından üretim verimliliğini arttırabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Denetimli Öğrenme, Kestirimci Bakım, KNN, Naive Bayes, Random Forest, XGBoost

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ENHANCING PRODUCTION EFFICIENCY WITH PREDICTIVE MAINTENANCE

ABSTRACT

Production continuity in industrial facilities is critical for gaining a competitve edge. Any malfunction occuring on production lines can lead to long downtimes, negatively impacting production efficiency. Predictive maintenance allows for planned maintenance by using machine learning algorithms to predict equipment failures in advance. In this study, machine learning models were developed using parameters such as vibration, humidity and temperature in the starch transfer system of a food production facility. The performance of algorithms like KNN, Naive Bayes, Random Forest and XGBoost was compared and it was found that XGBoost algorithm exhibited superior performance in fault prediction. This result indicates that a predictive maintenance-based approach can enhance production efficiency by detecting potential anomalies in advance.

Keywords: Machine Learning, Supervised Learning, Predictive Maintenance, KNN, Naive Bayes, Random Forest, XGBoost

1. GİRİŞ

Ülkemizde endüstri sektöründe, işletmelerin rekabetçi olabilmeleri için üretim süreçlerinde verimliliklerini arttırmaları büyük önem taşımaktadır. Verimlilik, kısıtlı ve aynı kaynaklar ile daha fazla çıktı elde etme yetisidir. Verimliğini arttırmak isteyen işletmeler, teknoloji alanındaki faaliyetleri takip ederek hem üretim verimliliğini artırmak hem de bu süreç içerisinde oluşan maliyetlerini minimize etmek durumunda kalmışlardır. Bu değerlendirme, işletmeleri üretim hatlarının bakımlarını etkin ve verimli bir şekilde uygulayabilecekleri bir program oluşturmalarını önceliklendirmiştir. Aksi durum söz konusu olduğunda, bakımların sürdürülebilir yapılmadığı tesislerde arıza kaynaklı duruşlar artacak ve buna bağlı olarak işçilik, malzeme, enerji ve zaman açısından büyük kayıplar yaşanacaktır. Bu sonuçlar kapsamlı olarak ele alındığında seri üretimin olduğu tüm işletmelerde etkin ve programlı bakımların yapılması önem arz etmektedir.

Bakım uygulamaları literatürde genel olarak iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar düzeltici ve önleyici bakım olarak ifade edilmektedir [1]. Düzeltici bakım, bir ekipmanı veya sistemi

çalışır duruma getirmek amacıyla yapılan çalışmaların bütünüdür. Bu tip bakımlar anlık olarak gerçekleştirilir ve genellikle arızayı gidermek için yapılmaktadır. Arıza meydana geldikçe yapılan bir bakım olduğu için dezavantajları söz konusudur. Sürekli duruşlara sebep olması ve yedek parça tüketimine bağlı olarak artan maliyetler bunlara örnek gösterilebilir. Önleyici bakım, bir ekipman veya sistemin arıza göstermeden önce düzenli olarak yapıldığı bakımdır. Bu bakımlar, işletmelerin yıllık çalışma takvimi göz önünde bulundurularak uygulanmaktadır. Planlı ve periyodik bir bakım türü olduğu için, kontrol ve bakım noktaları önceden belirlenebilir ve bu sayede olası bir yedek parça kullanımı olduğunda bakım öncesi hazırlığı yapılabilmektedir. Önleyici bakım yaklaşımları içerisinde ele alınan ve teknolojinin gelişmesi ile seri üretim hatlarında önemli bir yere sahip olan konu ise kestirimci bakımdır. Kestirimci bakım, ekipman bozulmasının veya yaklaşan arızaların erken belirtilerini tespit etmek için gerçek zamanlı verilerin toplanmasını ve bu verilerin analiz edilmesini kapsayan çalışmalardır [2]. Sistemlerden alınan durum verilerine dayanarak ekipmanların öngörülen kullanışlı ömrünü planlayıp bozulma veya yıpranma riskini minimize ederek sistemin hizmet süresinin en üst seviyeye çıkarılmasını hedefler [3]. Bu yönleriyle kestirimci bakımın özellikle iki noktada endüstriyel tesislere olumlu yönde etkisi olmaktadır. Bunlardan birisi arıza meydana gelmeden önce uyarı vermesi ve arıza oluşmadan anomaliyi tahmin edebilmesi, ikincisi ise ekipmanların faydalı ömürlerinin uzaması için en uygun bakım zamanlarının belirlenmesidir [4].

Kestirimci bakım, herhangi bir ekipmana ait verilerin sürekli takip edilmesi ve analizi ile gerçekleşir. Bu analiz çalışmasında sensörler, ölçü cihazları ya da online veri takip sistemleri işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan analiz çalışmaları ile ilgili ekipmanın kalan faydalı ömrü (Remaining Useful Life-RUL) veya üretim tesislerinin çalışma performansları tahmin edilebilmektedir. Bu tahmin etme çalışmalarında makine öğrenmesi (ML) algoritmaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenmesine dayalı kestirimci bakım modelleri işletmelerde ekipman, işçilik, zaman ve enerji gibi kayıpların maliyetlerini minimize edecek kritik bir öneme sahip olmuştur. Özellikle son dönemde hem literatürde hem de endüstriyel işletmelerde kestirimci bakım büyük önem kazanmış ve farklı sektörlere yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Yusuf Kalemoğlu, bir demir çelik tesisindeki tezgâhın elektrik motorlarından sıcaklık ve titreşim verilerini ölçerek kestirimci bakım uygulaması yapmıştır [5]. Oğuz Bektaş, yaptığı çalışmada döner mekanizma sistemlerinin bozulma aşamalarını Welch yöntemi ve Fourier dönüşümleri aracılığıyla analiz etmiştir. Bu çalışması ile döner mekanizmaların arıza ya da aşınma seviyesini etkin bir şekilde tahmin edebilmiştir [6]. Erkan Sındır, bir asenkron motorun stator sıcaklığı, stator sargı sıcaklığı, titreşim ve rulman yatak

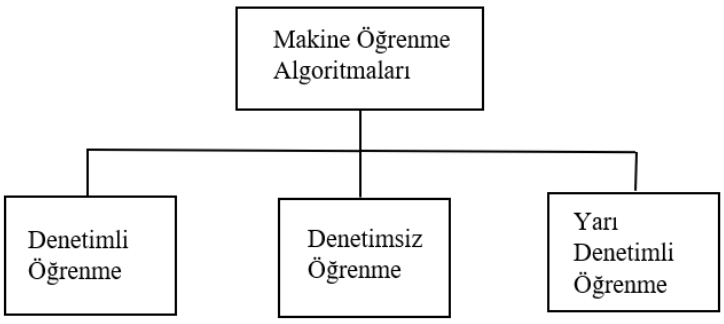
sıcaklığı verilerini PLC aracılığıyla toplamıştır. Elde ettiği bu verileri Matlab uygulamasında analiz ederek bulanık mantık temelli bir sistem tasarlamıştır [7]. Şükrü Görgülü, Peron Ayırıcı Kapı Sistemi (PAKS), makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmalarından olan SVM, KNN ve LR modelleri ile mekanik arızaların teşhisini yapmıştır. Bu teşhis esnasında, PAKS sisteminin akım, gerilim, titreşim, ses, kapı pozisyonu ve kapı hızı gibi parametreleri kullanmıştır [8].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, herhangi bir problemi o probleme ait datalara göre modelleyen algoritmaların genel adıdır [9]. Bir yapay zekâ dalı olarak tanımlanan makine öğrenmesi, bir sistemin herhangi bir program veya yazılım olmaksızın deneyim ve verilerden otonom olarak gelişmesini ifade etmektedir. Yapay zekâ kapsamında makine öğrenimi, birçok alanda akıllı tahmin algoritmaları geliştirmek ve farklı alanlarda ortaya çıkan problemlerin kapsamlı analiz edilmesi için ortaya çıkmıştır. Makine öğrenmesi (ML) yaklaşımları, yüksek boyutlu verileri işleme ve karmaşık ortamlarda veriler arasındaki korelasyonu ortaya çıkarma yetisine sahiptir [10]. Bu yönleriyle ML, birçok sektörde kestirimci bakım uygulamaları için etkin ve verimli bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Makine öğrenmesi, literatür çalışmalarında genel olarak denetimli, denetimsiz ve yarı denetimli olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir [11].



Görsel 1. Makine Öğrenme Yöntemleri

2.1.1. Makine Öğrenmesi Adımları

Makine öğrenmesi yöntemi ile yapılan çalışmalarda veri kümesi önemli bir yere sahiptir. Veri sayısının artması verilerin işleme ve analiz sürecini zorlaştırmaktadır. Büyük verilere sahip makine öğrenmesi algoritmalarında analiz süreci birçok aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Problem Tanımlama: Makine öğrenmesi çalışmasında ele alınacak olgunun öncelikle saptanması gereklidir. Sistemin öngörü yapacağı ve hangi verileri analiz ederek tahminleme geliştireceği problem, tespit edilmelidir.

Veri Toplama: Problemle ilgili toplanan veriler excel (xls) ya da virgüllerle ayrılmış düz metin dosyaları (csv) formatında olabilir. Bu aşama, problemle ilgili makine öğrenmesi yöntemlerinin en doğru skoru vermesi adına oldukça önemlidir. Çünkü hazırlanacak veri tabanının ne kadar fazla, çeşitli ve anlaşılır olması algoritmanın öğrenme skorunu bir o kadar doğruluk payına yaklaştıracaktır.

Verilerin Hazırlanması: Makine öğrenmesi algoritmalarında kullanılacak veri kümesini oluşturan verilerin tutarlı ve anlamlı olması gereklidir. Veri tabanında anlamsız kalan veriler çıkarılmalıdır. Bu işlemlerden sonra elde kalan yorumlanabilir ve ölçülebilir verilerin algoritma akışında belirli bir yüzdesi (%70-%80 gibi) öğrenme/eğitim adımında ve geri kalan kısmı (%20-%30 gibi) test yani değerlendirme adımında kullanılmalıdır.

Modelin Belirlenmesi: En uygun analiz yöntemi olan algoritmanın seçildiği adımdır. Makine öğrenmesi sürecinde bazı modeller sayısal verilerin analizinde bazıları ise metinsel verilerin analizinde kullanılır [12]. Hazırlanan veri kümesine en uygun model seçimi yapılmalıdır.

Eğitim: Problemle ilgili toplanan verilerin seçilen uygun model ile eğitildiği adımdır. Bu aşamada ayrılan eğitim verileri ile model eğitildikten sonra test verileri ile doğrulama işlemi yapılır. Modelin problemle ilgili tahmin yeteneği, eğitim aşamasına bağlı olduğu için makine öğrenme aşamasının en kritik adımıdır.

Değerlendirme: Seçilen model eğitildikten sonra, veri kümesinin %20-%30 gibi bir oranına karşılık gelen test verileri kullanılarak modelin verdiği tepkilerin ölçüldüğü aşamadır. Çıkan sonuca göre model ya tekrar eğitim aşamasına dönecek ya da bir sonraki aşamaya geçiş yapacaktır.

Parametre Ayarlama: Elde edilen çıktıların analizi işleminden sonra sonuçların daha anlamlı ve güvenilir bir hale getirilip getirilemeyeceğinin kontrolü gereklidir. Bu kontrol, modelin parametrelerinde değişiklikler yapılarak çıkan sonuçların farklılaştırılması ve kendi aralarında karşılaştırılması ile elde edilir. Modele yeniden eğitim uygulanarak daha hassas ve gerçeğe yakın tahminler yapması hedeflenir.

Tahmin: Bu aşamada seçilen model, ele alınan problemle ilgili tahminlerde bulunmaktadır. Bu tahminlerle modelin performans metrikleri (doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru) analiz edilmektedir.

2.1.2. Denetimli Makine Öğrenmesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu çalışmada denetimli makine öğrenmesi ile çalışma yapılacağı için bu kapsamdaki yöntemler üzerinde durulacaktır. Denetimli öğrenmede model, daha önce tanımlanmış yani etiketlenmiş verilerle eğitilir. Bir grup girdi değerine karşılık onlara ait hedef değerleri verilerek aralarındaki korelasyonu öğrenmesi ve hedef değerlere en yakın çıktıların üretilmesi amaçlanır [9]. Bu tip öğrenme yöntemlerinde gerçeğe yakın tahminleme yapılabilmesi için regresyon ve sınıflandırma teknikleri kullanılmaktadır. Regresyon, sürekli kendini tekrar eden değerleri (sıcaklık, yaş, nem gibi) tahmin etmek için kullanılırken; sınıflandırma birbirinden bağımsız farklı değişkenleri tahmin etmek için kullanılmaktadır.

2.2. Araç ve Yöntemler

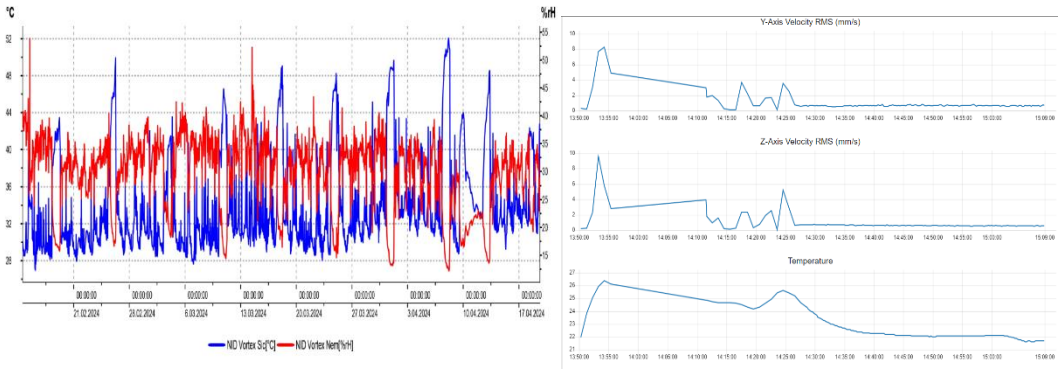
Bu çalışma, gıda sektöründe yer alan bir işletmenin bir üretim hattına ait nişasta transfer sisteminde yaşanan arızaların analizinde yapılmıştır. Öncelikle, problemin yaşandığı noktada bulunan helezon ünitesinin motor ve redüktör grubuna sıcaklık ve titreşim sensörleri ile ortamın sıcaklık ve nem değerlerini ölçecek datalogger montajı Görsel 2'de görüleceği üzere yapılmıştır.



Görsel 2. Sıcaklık/titreşim ölçer sensörlerin ve datalogger görünümü

Sahaya montajı yapılan sensörlerden belli bir zaman aralığında alınan veriler, Görsel 3'te görüldüğü gibi arayüz programları aracılığıyla dijital ortama transfer edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



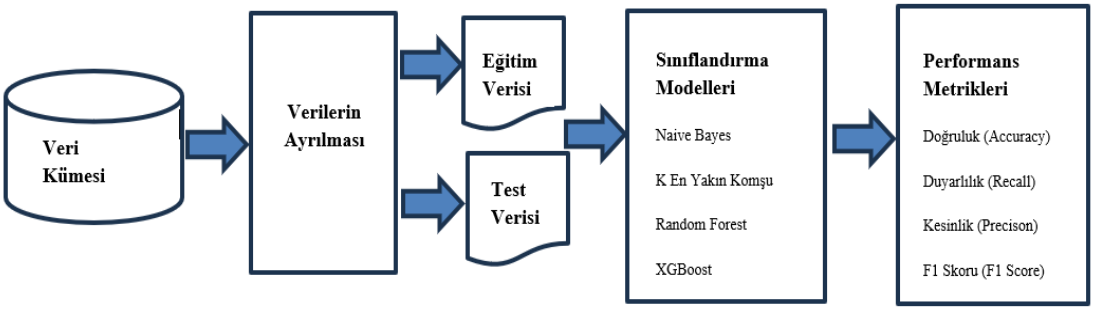
Görsel 3. Ölçülen verilerin arayüz programlarındaki grafikleri

Veri kümesinde yer alan özniteliklerin tanımları Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. Sistemdeki girdilerin tanımlamaları

Öznitelik Başlığı	Tanımı
NID Vortex Sic [°C]	Vorteks bölgesi çalışma ortamı sıcaklığı
NID Vortex Nem[%rH]	Vorteks bölgesi çalışma ortamı nemi
MSic	Motor gövde sıcaklığı
MVib	Motor gövde titreşim değeri
RedSic	Redüktör gövde sıcaklığı
RedVib	Redüktör gövde titreşim değeri

Elde edilen bu veriler Python programında bazı algoritmalar kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz çalışması sonucunda kullanılan denetimli öğrenme yöntemlerinin performans skorları karşılaştırılmıştır. Görsel 4'te çalışmanın akış diyagramı yer almaktadır.



Görsel 4. Çalışmanın akış diyagramı

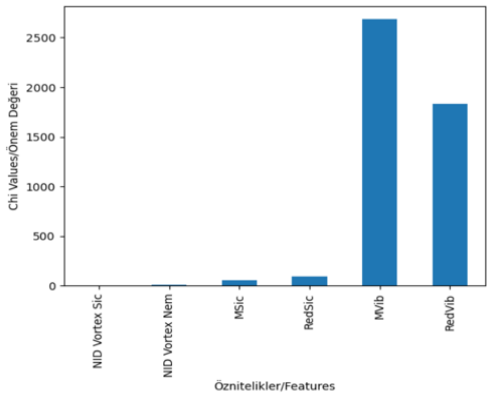
Bu çalışmada altı girdiden oluşan (motor sıcaklık, motor titreşim, redüktör sıcaklık, redüktör titreşim, ortam sıcaklık ve ortam nem) veriler Naive Bayes, k-en yakın komşu, Random Forest ve XGBoost gibi denetimli öğrenme yöntemleri ile analiz edilerek arıza tahmin

performansları karşılaştırılmıştır. Veriler, gerçek zamanlı yaşanan arızaların şiddeti, sonucu ve onarım süreçleri göz önünde bulundurularak dört farklı sınıfta etiketlenmiştir. Bu sınıfların açıklamaları Çizelge 2'de görülmektedir.

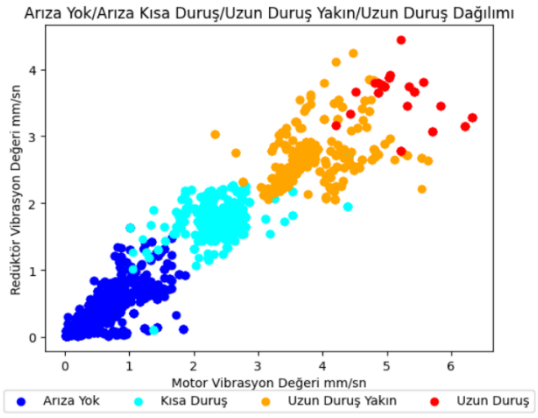
Çizelge 2. Modelde oluşturulan çıktı tanımlamaları

Class 0	Arıza yok. Her şey normal.
Class 1	Kısa duruş var.
Class 2	Uzun duruş yakın.
Class 3	Uzun duruş var.

Veri kümesi ilk aşamada Naive Bayes algoritması ile ele alınmıştır. NB algoritmasında, öncelikle özniteliklerin önem derecesi belirlenmiştir. Görsel 5'te görüleceği üzere redüktör titreşim (RedVib) ve motor titreşim (MVib) değerleri tahminleme konusunda ön planda yer almıştır. Görsel 6'da motor titreşim değerlerinin redüktör titreşim değerleri ile değişimine bakılarak verilerin sınıflandırmasında iki titreşim değerinin oldukça etkili olduğu görülmektedir.



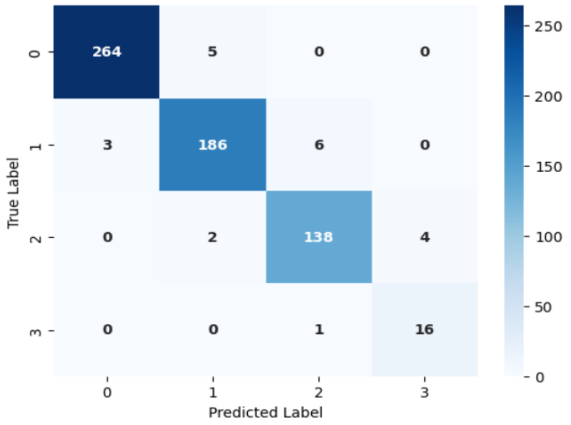
Görsel 5. NB öznitelik önem derecesi



Görsel 6. Motor ve redüktör titreşim dağılımı

Naive Bayes algoritmasının karışıklık matrisi ve performans skorları Görsel 7'de yer almaktadır. Buna göre NB, Class 0-1-2 verilerinin tahmininde başarılı bir performans gösterdiği, Class 3 verilerinin tahmininde ise biraz düşük skorda kaldığı görülmüştür.

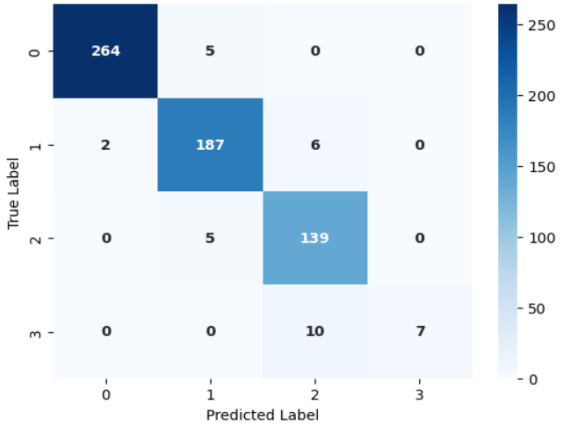
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	0.98	0.99	269
1	0.96	0.95	0.96	195
2	0.95	0.96	0.96	144
3	0.80	0.94	0.86	17
accuracy			0.97	625
macro avg	0.93	0.96	0.94	625
weighted avg	0.97	0.97	0.97	625

Görsel 7. NB karışıklık matrisi ve performans metrikleri

K-en yakın komşu (kNN) algoritması ile veriler analiz edildiğinde Görsel 8'de görülen karışıklık matrisi ve performans metrikleri elde edilmiştir. Bu tablo incelendiğinde kNN algoritmasının Class 0-1-2 (arıza yok, kısa duruş, uzun duruş yakın) değerlerini tahmin etmede başarılı olduğu ancak uzun duruşları temsil eden Class 3 verilerinin tahmininde düşük performans gösterdiği görülmüştür.

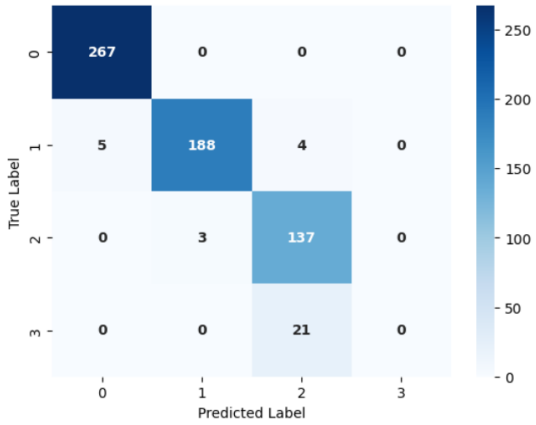


	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	0.98	0.99	269
1	0.95	0.96	0.95	195
2	0.90	0.97	0.93	144
3	1.00	0.41	0.58	17
accuracy			0.96	625
macro avg	0.96	0.83	0.86	625
weighted avg	0.96	0.96	0.95	625

Görsel 8. kNN karışıklık matrisi ve performans metrikleri

Random Forest (RF) algoritmasının karışıklık matrisi ve performans metrikleri Görsel 9'da yer almaktadır. Karışıklık matrisi incelendiğinde RF yöntemi, gerçek zamanlı Class 3 sınıfına ait değerleri Class 2 olarak tahmin etmiştir. Bu yönden bakıldığında uzun duruşa sebep olacak, kritik derecede öneme sahip Class 3 değerlerinin tahmininde başarılı olamamıştır. Diğer sınıfların tahmininde başarılı olduğu görülmüştür.

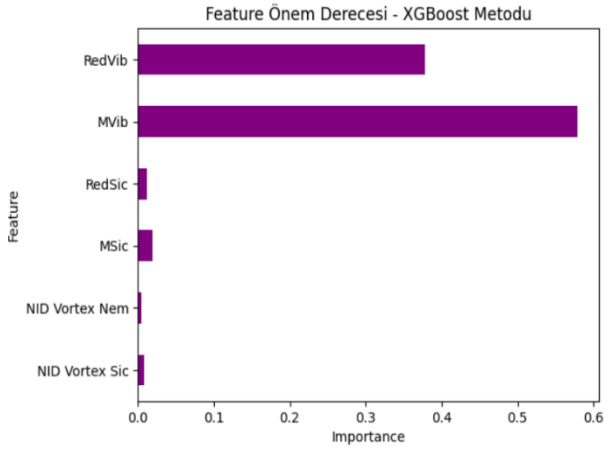
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



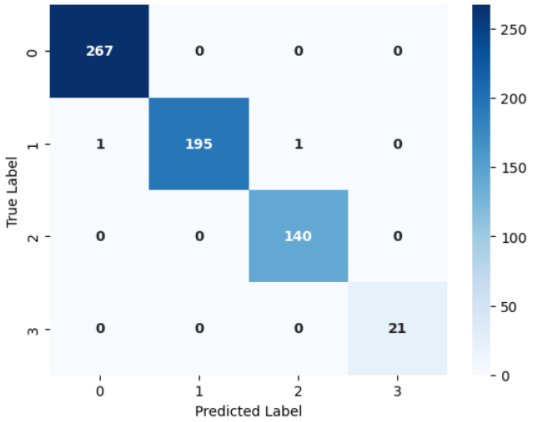
	precision	recall	f1-score	support
0	0.98	1.00	0.99	267
1	0.98	0.95	0.97	197
2	0.85	0.98	0.91	140
3	0.00	0.00	0.00	21
accuracy			0.95	625
macro avg	0.70	0.73	0.72	625
weighted avg	0.92	0.95	0.93	625

Görsel 9. RF karışıklık matrisi ve performans metrikleri

Son adımda ölçümler sonucu elde edilen veriler, XGBoost algoritması ile analiz edilmiştir. Bu analiz çalışmasında ilk olarak özniteliklerin önem derecesi Görsel 10'da görüleceği üzere belirlenmiştir. Grafik incelendiğinde altı adet girdi parametresinin algoritmanın tahmin sürecinde etkisi olduğu görülmektedir.



Görsel 10. XGBoost öznitelik önem derecesi



Görsel 11. XGBoost karışıklık matrisi

XGBoost algoritmasının Görsel 11'de yer alan karışıklık matrisi incelendiğinde tüm sınıfların tahmininde oldukça başarılı bir performans gösterdiği görülmektedir. Özellikle, uzun duruşlara neden olan arıza değerlerini ifade eden Class 3 verilerinin tahmininde diğer algoritmalardan daha başarılı bir skor elde etmiştir.

Çizelge 3'te yer alan performans tablosuna bakıldığında XGBoost algoritmasının kullanılan yöntemler arasında en başarılı skoru elde ettiği görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 3. Kullanılan algoritmaların performans skorları

Algoritma	Accuracy	Recall	Precision	F1-Score
Naive Bayes	0.97	0.97	0.97	0.97
KNN	0.96	0.96	0.96	0.95
Random Forest	0.95	0.95	0.93	0.94
XGBoost	0.99	0.99	0.99	0.99

İşletmede yaşanan arızalar incelendiğinde özellikle dişli sıyırması ve mil aksamındaki sorunların uzun duruşlara neden olduğu görülmektedir. Bu arızaların gerçekleştiği noktalar Görsel 12'de yer almaktadır. Helezon milinin yüzeyinde zamanla oluşan deformasyon, rulman ile arasında bir boşluk yaratmakta, oluşan bu boşluk da yataklama sistemini bozarak balanssızlığa neden olmaktadır. Benzer bir şekilde herhangi bir nedenden dolayı helezon sisteminin taşıdığı mekanik yükün artışı ve buna bağlı olarak helezonun sıkışması sonucu dişli sıyırmasından kaynaklı arızalar yaşanmıştır.



Görsel 12. Uzun duruşlara (Class 3) neden olan dişli ve mil arıza görselleri

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan arıza analizi çalışmasında XGBoost algoritmasının %99 ile kullanılan yöntemler arasında en başarılı tahmin performansını göstermiştir. Yaşanan uzun duruşların sistem üzerindeki şiddetli sonuçları (mil balanssızlığı, dişli sıyırması vb.) sistemin ürettiği sayısal veriler ile etiketlenmiştir. Sistem, bu verilere yakın değerler ürettiğinde kullanıcının arıza kök sebebini tespit etme ve aksiyon alma sürecini minimize etmiştir. Helezon dişlisinin sıyırması ya da mil ve yataklama arası boşluktan kaynaklı arızaların ön görülmesi ile hem yaklaşık üç saate varan duruşların hem de yaklaşık 7500 kg'lık üretim kaybının önüne geçilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Haberleşme altyapısında gerekli ana veri çalışmalarının yapılmasıyla XGBoost algoritmasının elde ettiği tahminlerin MRP programına entegrasyonu sağlanabilir. Bu şekilde herhangi bir büyük arıza meydana gelmeden önce MRP arayüzü aracılığıyla bakım ekibine bilgilendirme yapılabilir. Büyük kapasiteli veri depolama sistemleri üzerinde çalışmalar yapılarak işletmenin birçok noktasından bu kritik veriler sürekli ölçülerek takip edilebilir. Böylece geniş bir izleme ağı kurularak bakım ekibinin işgücü kaybı önlenebilir ve bakım/onarım süreleri minimize edilebilir.

4. KAYNAKÇA

[1] Cortadi, A. J., Irigoien, I., Boto, F., Sierra, B., Rodriguez, G., Predictive Maintenance on the Machining Process and Machine Tool. Applied Sciences, 10(1): 224, 2019. https://doi.org/10.3390/app10010224

[2] Yayan, U., Demir, C. ve Taşkın, S., *Rüzgâr Türbinlerinde Kestirimci Bakım Uygulamaları,* 7. İzmir Rüzgâr Sempozyumu, 2023.

[3] Öztanır, O., *Makine Öğrenmesi Kullanılarak Kestirimci Bakım,* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018.

[4] Köprü, T., *Kestirimci Bakım Zamanlarının Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Tahminlenmesi: Demir Çelik Sektöründe Bir Uygulama,* Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, 2022.

[5] Kalemoğlu, Y., *Haddehanelerde Sıcaklık ve Titreşim Ölçümü ile Kestirimci Bakım Uygulamaları,* Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, 2023.

[6] Bektaş, O. (2020). Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 420-428. Doi: 10.31590/ejosat.708257

[7] Sındır, E., Özkaner, V. (2022). Asenkron Motorlu Sistemde Bulanık Mantık Çıkarımı ile Kestirimci Bakım. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2), 181-188. Doi: 10.36287/ijmsit.6.2.181

[8] Görgülü, Ş., Koç, İ., Kırımça, N., Karaköse, M., Özgen, M. T. (2024). Yapay Zekâ Kullanımıyla Peron Ayırıcı Kapı Sisteminin Sağlığını İzleme ve Kestirimci Bakım. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 7(1), 56-70. Doi: 10.51513/jitsa.1311985

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[9] Atalay, M., Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(22), 155-172. Doi: 10.20875/makusobed.309727

[10] Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., Thoben, K. (2016). Machine Learning in Manufacturing: Advantages, Challenges and Applications. Production & Manufacturing Research, 4(1), 23-45. Doi: 10.1080/21693277.2016.1192517

[11] Şahin, E., *Makine Öğrenme Yöntemleri ve Kelime Kümesi Tekniği ile İstenmeyen E-Posta Sınıflaması,* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018.

[12] Ramachandran, K. K., Mary, A. A. S., Hawladar, S., Asokk, D., Bhaskar, B., Pitroda, J. R. (2022). Machine Learning and Role of Artificial Intelligence in Optimizing Work Performance and Employee Behavior. Materials Today: Proceedings, 51: 2327-2331. Doi: 10.1016/j.matpr.2021.11.544

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YARA İYİLEŞME AŞAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed DENİZ
Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı
m.deniz476474@gmail.com- ORCID ID:0000-0001-6129-9526
Doç. Dr. Mustafa MAKAV
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı
mustafamakav@gmail.com- ORCID ID:0000-0003-1879-8180

ÖZET

Yara iyileşme süreci, hasarlı dokuların bütünlüğünü yeniden sağlamayı amaçlayan ve birbiriyle örtüşen bir dizi aşamayı içeren karmaşık bir fizyolojik yanıttır. Genel olarak bu süreç hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve maturasyon aşaması (olgunlaşma ve iyileşme) olmak üzere dört temel aşamaya ayrılır. İlk yanıt, doku hasarından hemen sonra ortaya çıkan hemostazdır. Bu aşama, kan kaybını önlemek için kan damarlarının daralmasını ve pıhtı oluşumunu içerir. Trombositler yaralanma bölgesinde toplanarak, sonraki enflamatuar yanıt için gerekli olan büyüme faktörlerini ve sitokinleri salgılar. Hemostazı takiben, tipik olarak yaralanma sonrası dakikalar/saatler içinde inflamatuar faz başlar. Bu aşama, bağışıklık hücrelerinin, özellikle de nötrofil ve makrofajların yara bölgesine toplanmasıyla karakterize edilir. Nötrofiller, fagositoz yoluyla kalıntıları ve patojenleri temizleyen ilk yanıtlayıcılardır, makrofajlar ise enflamatuar yanıtı sürdürerek ve doku onarımını desteklemek için geçiş yaparak ikili bir rol oynar. Proliferasyon aşaması, yara türüne ve bireysel faktörlere bağlı olarak birkaç günden haftalara kadar sürebilir. Bu aşamada fibroblastlar çoğalır ve doku oluşumu için hayati önem taşıyan kolajen ve hücre dışı matris bileşenlerini sentezler. Yeni kan damarlarının oluşumu olan anjiyogenez de bu aşamada meydana gelir ve iyileşen dokuya yeterli oksijen ve besin kaynağı sağlar. Ayrıca epitel hücreleri, yeniden epitelizasyon olarak bilinen bir süreç olan cilt bariyerini yeniden oluşturmak için yara yatağı boyunca göç eder. Son aşama olan maturasyon, ilk yaralanmadan sonra aylarca veya yıllarca sürebilir. Bu aşamada, kolajen lifleri yeniden düzenlenir, çapraz bağlanır ve iyileşmiş dokunun gerilme mukavemetini artırmak için yeniden modellenir. Özetle, her aşama birbirine bağlıdır ve herhangi bir aşamadaki aksaklıklar kronik yaralara veya bozulmuş iyileşmeye yol açabilir. Bu aşamaları anlamak, yara iyileşme sonuçlarını iyileştirmek için etkili tedaviler ve müdahaleler geliştirmek için gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Hemostaz, İnflamasyon, Proliferasyon, Maturasyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

WOUND HEALING PHASES

ABSTRACT

The wound healing process is a complex physiological response that involves a series of overlapping stages aimed at restoring the integrity of damaged tissues. In general, this process is divided into four basic stages: hemostasis, inflammation, proliferation and maturation (maturation and healing). The first response is hemostasis, which occurs immediately after tissue damage. This stage involves the constriction of blood vessels and clot formation to prevent blood loss. Platelets aggregate at the site of injury, releasing growth factors and cytokines that are essential for the subsequent inflammatory response. Following hemostasis, the inflammatory phase begins, typically within minutes/hours after injury. This phase is characterized by the recruitment of immune cells, particularly neutrophils and macrophages, to the wound site. Neutrophils are the first responders, clearing debris and pathogens through phagocytosis, while macrophages play a dual role, sustaining the inflammatory response and migrating to support tissue repair. The proliferation phase can last from several days to weeks, depending on the type of wound and individual factors. During this phase, fibroblasts proliferate and synthesize collagen and extracellular matrix components vital for tissue formation. Angiogenesis, the formation of new blood vessels, also occurs during this phase and provides the healing tissue with an adequate supply of oxygen and nutrients. In addition, epithelial cells migrate across the wound bed to rebuild the skin barrier, a process known as re-epithelialization. The final stage, maturation, can last for months or years after the initial injury. During this stage, collagen fibers are rearranged, cross-linked and remodeled to increase the tensile strength of the healed tissue. In summary, each stage is interconnected and disruptions at any stage can lead to chronic wounds or impaired healing. Understanding these stages is essential for developing effective treatments and interventions to improve wound healing outcomes.

Keywords: Hemostasis, İnflammation, Proliferation, Maturation

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Yara iyileşmesi, birbiriyle örtüşen bir dizi aşamada gerçekleşen karmaşık bir biyolojik süreçtir: hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve maturasyon aşaması (olgunlaşma ve iyileşme) (Ling ark., 2020; Amagase ark., 2007; Ma ark., 2016). Bu aşamaların her biri, etkili doku onarımı ve cilt bütünlüğünün restorasyonunun sağlanmasında kritik bir rol oynar. Hemostaz yara iyileşmesinin ilk aşaması yaralanmadan hemen sonra başlar. Hemostaz, vasküler daralma, trombosit agregasyonu ve fibrin pıhtı oluşumu yoluyla kanamanın durdurulmasını içerir (Ling ve ark., 2020). Hemostazı takiben, enflamatuvar faz, nötrofiller ve makrofajlar dahil olmak üzere bağışıklık hücrelerinin yara bölgesine toplanmasıyla karakterize edilir. Bu hücreler enkaz ve patojenleri temizlemek ve böylece enfeksiyonu önlemek için gereklidir (Amagase et al., 2007; Ma et al., 2016). Proliferasyon aşaması granülasyon dokusu oluşumunu, yeniden epitelizasyonu ve anjiyogenezi içerir. Fibroblastlar, yeni dokuya yapısal destek sağlayan kolajen ve hücre dışı matris bileşenlerini sentezleyerek bu aşamada kilit bir rol oynar (Haug ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2011). Keratinositler yara yüzeyini kaplamak için göç eder ve proliferasyonları epidermal büyüme faktörü (EGF) ve vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) gibi büyüme faktörleri tarafından uyarılır (Haug ve ark., 2021; Seo ve ark., 2017). Yara iyileşmesinin son aşaması, yeni oluşan dokunun daha fazla güç ve işlevsellik elde etmek için yeniden şekillendiği olgunlaşma aşamasıdır. Bu aşamada, tip III kolajen kademeli olarak tip I kolajen ile yer değiştirir ve kolajen lifleri daha organize ve çapraz bağlı hale gelerek iyileşmiş dokunun gerilme mukavemetini artırır (Reinertsen ve ark., 2014; Passamaneck ve Martindale, 2012). Proliferasyon aşamasında kurulan damar ağı da rafine edilir ve dokuyu stabilize etmek için gereksiz kan damarları budanır (Ma ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2019).

Özetle, yara iyileşmesi, birbirine bağlı birden fazla aşamayı içeren dinamik ve yüksek düzeyde düzenlenmiş bir süreçtir. Her aşama, etkili doku onarımına katkıda bulunan spesifik hücresel aktiviteler ve sinyal yolakları ile karakterize edilir (Oberringer ark., 2005; Pazyar ark., 2014; Ramon-Mateu ark., 2019).

2. Yara iyileşmesinde Hemostaz aşaması

Hemostaz, aşırı kan kaybını önlemek ve inflamasyon, proliferasyon ve yeniden şekillenme dahil olmak üzere sonraki iyileşme aşamalarına zemin hazırlamak için gerekli olan yara iyileşme sürecinin ilk ve kritik aşamasıdır (Luo ark., 2022; Teng ark., 2021; Wang ark., 2019; Huang ark., 2020; Dong, 2024). Hemostaz süreci, vasküler daralma, trombosit agregasyonu ve fibrin pıhtı oluşumu gibi yaralanma bölgesinde kanamayı kontrol etmek için toplu olarak çalışan çeşitli mekanizmaları içerir (Kanedi ve ark., 2022; Horng ve ark., 2017). Hemostatik ajanların ve malzemelerin hızlı hemostazı desteklemedeki etkinliği çok önemlidir, çünkü bu aşamadaki gecikmeler enfeksiyon riskinin artması ve iyileşme sürelerinin uzaması gibi komplikasyonlara yol açabilir (Wang, 2024; Li, 2023).

Hemostatik yetenekleri geliştirmek ve yara iyileşmesini kolaylaştırmak için çeşitli biyomalzemeler geliştirilmiştir. Örneğin, jelatin, aljinat ve kitosan gibi doğal polimerlerden oluşan hidrojeller, biyouyumlulukları ve nemli bir iyileşme ortamı oluşturma yetenekleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

nedeniyle hemostazı teşvik etmede umut verici sonuçlar göstermiştir (Huang ve ark., 2020; Li, 2024; Lin, 2024). Bu hidrojeller eksüdayı emebilir ve hemostazdan enflamasyona ve sonraki iyileşme aşamalarına geçiş için hayati önem taşıyan hücre göçü için bir iskele sağlayabilir (Wang ve ark., 2023; Zhao ve ark., 2018). Ayrıca, antimikrobiyal ajanlar ve büyüme faktörleri gibi biyoaktif bileşenlerin bu hidrojellere dahil edilmesi, enfeksiyonu önleyerek ve doku rejenerasyonunu teşvik eder ve yara tedavisindeki etkinliklerini daha da artırabilir (Bai ve ark., 2021; Shakya ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2020).

Hemostazdan enflamasyona geçiş, pıhtılaşma süreci sırasında salınan spesifik biyomoleküllerin varlığından da etkilenir. Trombositler, aktivasyon üzerine, bağışıklık hücrelerini yara bölgesine çeken kemokinleri serbest bırakır, böylece atık maddeleri ve patojenleri temizlemek için gerekli olan enflamatuar yanıtı başlatır (Horng ve ark., 2017; Ručigaj, 2021). Hemostatik materyaller ve vücudun biyolojik tepkisi arasındaki bu etkileşim, yalnızca hemostatik etki sağlamakla kalmayıp aynı zamanda genel iyileşme kaskadını da destekleyen yara örtülerinin oluşturulmasında önemlidir (Dong, 2024).

3. Enflamasyon aşaması

Enflamasyon, yara iyileşme sürecinde kritik bir aşamadır ve doku hasarına karşı gerekli bir yanıt olarak hizmet eder. Bu aşama, patojenlerin ve kalıntıların yara bölgesinden temizlenmesinde önemli rol oynayan ve böylece sonraki iyileşme süreçleri için zemin hazırlayan bağışıklık hücrelerinin, özellikle de nötrofillerin ve makrofajların bu bölgeye göçü ile karakterize edilir (Thandavarayan ve ark., 2015; Reinke & Sorg, 2012). Enflamatuvar yanıt yaralanmadan hemen sonra başlatılır ve enfeksiyonu önlemek ve doku onarımını kolaylaştırmak için gereklidir. Bununla birlikte, enflamasyonun zamanlaması çok önemlidir; uzun süreli veya aşırı enflamasyon kronik yaralara ve kötü iyileşmeye yol açabilir (Chen ve ark., 2012; Tanno ve ark., 2017).

Erken enflamatuvar yanıt, iyileşme sürecini düzenlemek için kritik olan interlökin-1β (IL-1β) ve tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α) gibi pro-enflamatuar sitokinlerin salınımı ile karakterizedir (Thandavarayan ve ark., 2015; Ashcroft ve ark., 2011). Bu sitokinler, patojenleri temizlemeye ve iyileşme kaskadını başlatmaya yardımcı olan nötrofillerin yara bölgesine göç etmesini arttırır. Nötrofillerin ardından, monositler yara bölgesine göç eder ve enflamatuvar fazdan iyileşmenin proliferatif fazına geçiş için gerekli olan makrofajlara farklılaşır (Reinke & Sorg, 2012; Tanno et al., 2017). Makrofajlar yalnızca kalıntıları temizlemeye devam etmekle kalmaz, aynı zamanda anjiyogenezi ve doku rejenerasyonunu destekleyen büyüme faktörleri ve sitokinler de salgılar (Wang ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022).

Enflamatuvar yanıtların dengesi çok önemlidir; iyileşme için enflamasyon gerekli olsa da, aşırı enflamasyon doku hasarına ve iyileşmenin gecikmesine yol açabilir. Örneğin, diyabetik yaralarda, hiperaktif enflamatuvar yanıtlar, oksidatif stres ve matris bozulması ile karakterize, kendi kendini sürdüren bir kronik enflamasyon döngüsüne neden olabilir (Thandavarayan ve ark., 2015; Li & Wang, 2022). Bu kronik enflamatuvar durum, proliferatif faza geçişi engelleyerek sonuçta iyileşmeyen yaralara yol açabilir (Chen ve ark., 2012; Hu ve ark., 2018).

Son zamanlardaki çalışmalar, yara iyileşmesini artırmak için enflamatuvar yanıtı modüle etmenin önemini vurgulamıştır. Örneğin, aşırı inflamasyonu baskılayan ajanların topikal uygulamaları iyileşme sonuçlarını iyileştirmede umut vaat etmektedir (Huang, 2023; Xu ve ark., 2022). Ayrıca, ROS seviyelerinin fizyolojik bir aralıkta tutulması etkili iyileşme için gerekli olduğundan, reaktif oksijen türlerinin (ROS) enflamasyon ve yara iyileşmesini düzenlemedeki rolü dikkat çekilmiştir (Bryan ve ark., 2012; Sanchez ve ark., 2018).

4. Proliferasyon fazı

Yara iyileşmesinin proliferasyon fazı, doku onarımı ve rejenerasyonu için gerekli hücrelerin hızla çoğalmasıyla karakterize edilen kritik bir aşamadır. Bu aşama enflamatuar yanıtı takip eder ve yeniden epitelizasyon, granülasyon dokusu oluşumu ve anjiyogenez için gereklidir, sonuç olarak yaranın kapanmasına yol açar (Beaudry ve ark., 2010; Li ve ark., 2013; Wu ve ark., 2019). Bu aşamada keratinositler, fibroblastlar ve endotelyal hücreler gibi hücrelerin çoğalması, epidermal bariyerin restorasyonuna ve yeni kan damarlarının oluşumuna katkıda bulunduğu için özellikle önem arz etmektedir (Wee ve ark., 2022; Vinish ve ark., 2016).

Keratinosit proliferasyonu, bu hücrelerin yara yüzeyini kaplamak için göç etmektedir ve yeniden epitelizasyon için çok önemlidir. Çalışmalar, keratinositlerin göçünün ve çoğalmasının, hepatosit büyüme faktörü (HGF) ve transforme edici büyüme faktörü-beta (TGF-β) dahil olmak üzere çeşitli büyüme faktörleri tarafından düzenlendiğini göstermiştir (Li ark., 2013; Twilley ark., 2022). HGF'nin epidermal hücrelerin de diferansiyasyonunu teşvik ederek, göçlerini ve proliferasyonlarını kolaylaştırarak yara iyileşmesini hızlandırdığı gösterilmiştir (Li ve ark., 2013). Benzer şekilde, TGF-β granülasyon dokusunun oluşumu için gerekli olan keratinositlerin ve fibroblastların çoğalmasının uyarılmasında önemli bir rol oynar (Vinish ve ark., 2016; Jettanacheawchankit ve ark., 2009).

Proliferasyon aşamasında farklı hücre tipleri arasındaki etkileşim de kritik öneme sahiptir. Ayrıca, anjiyopoietin benzeri proteinler keratinosit proliferasyonu ve migrasyonunun düzenlenmesiyle bağlantılıdır ve iyileşmenin bu aşamasını yöneten karmaşık sinyal ağlarının altını çizmektedir (Yang ve ark., 2023).

MikroRNA'lar (miRNA'lar) yara iyileşmesi sırasında hücre proliferasyonunun önemli düzenleyicileri olarak ortaya çıkmıştır. Örneğin, miR-31'in keratinosit proliferasyonunu ve göçünü artırdığı ve böylece yeniden epitelizasyonu kolaylaştırdığı tespit edilmiştir (Li ve ark., 2015). Benzer şekilde, miR-203'ün cildin yeniden epitelizasyonuna katkıda bulunduğu gösterilmiştir ve bu küçük kodlamayan RNA'ların yara iyileşme sürecinin düzenlenmesindeki rolünü vurgulamaktadır (Viticchiè ve ark., 2012). Ayrıca, RhoA ve JNK'yi içeren sinyal yollarının yara iyileşmesi sırasında epitel hücre çoğalmasını teşvik etmek için kritik öneme sahip olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2011).

5. Maturasyon aşaması

Yeniden şekillenme aşaması olarak da bilinen yara iyileşmesinin olgunlaşma aşaması, yaranın doku bütünlüğünü ve işlevselliğini yeniden sağlamak için önemli değişikliklere uğradığı iyileşme sürecinin son aşamasıdır. Bu aşama, yaranın ciddiyetine ve yaş, beslenme ve sağlık koşulları gibi bireysel faktörlere bağlı olarak aylar ya da yıllar sürebilir (Ma ve ark.,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2016; Ma ve ark., 2017). Bu evrede, proliferasyon evresinde ortaya çıkan kolajen matriks yeniden şekillenerek daha güçlü ve daha organize bir doku yapısı ortaya çıkar (Murthy ve ark., 2013; Crowe ve ark., 2000).

Olgunlaşma sırasındaki kilit süreçlerden biri kolajen liflerinin yeniden düzenlenmesidir. Başlangıçta, yarada biriken kolajen ağırlıklı olarak daha zayıf ve daha az organize olan tip III kolajendir. Zamanla bunun yerini daha fazla gerilme mukavemeti sağlayan tip I kolajen alır (Ma ve ark., 2016; Murthy ve ark., 2013). Kolajen liflerinin çapraz bağlanması da bu aşamada artarak iyileşmiş dokunun genel gücüne ve stabilitesine katkıda bulunur (Crowe ve ark., 2000).

Kolajenin yeniden şekillenmesine ek olarak, olgunlaşma aşaması yara bölgesindeki hücreselliğin azalmasını da içerir. İyileşme ilerledikçe, enflamatuvar hücrelerin sayısı azalır ve apoptoz (programlı hücre ölümü) artık ihtiyaç duyulmayan fazla hücrelerin uzaklaştırılmasında rol oynar (Crowe ve ark., 2000; Ghashghaii ve ark., 2017). Hücresellikteki bu azalma, yüksek oranda hücresel granülasyon dokusundan daha organize skar dokusuna geçiş için esastır (Boyar ve ark., 2014). Kolajen sentezi ve yıkımı arasındaki denge de kritiktir; matriks metalloproteinazlar (MMP'ler) fazla kolajenin yıkımında rol oynarken, metalloproteinazların doku inhibitörleri (TIMP'ler) yeniden şekillenmeyi sağlamak için bu süreci düzenler (Ghashghaii ve ark., 2017).

Proliferasyon aşamasında kurulan vasküler ağ da olgunlaşma sırasında değişikliğe uğrar. Artık ihtiyaç duyulmayan kan damarları yok edilir ve kalan damarlar stabilize olarak yeni oluşan dokuya yeterli kan akışını sağlar (Ma ve ark., 2016; Ma ve ark., 2017). Bu stabilizasyon, endotel hücrelerinin ve perisitlerin olgunlaşmasını teşvik ederek mikrovasküler ağın bütünlüğüne katkıda bulunan anjiyopoietinler gibi faktörlerden etkilenir (Ma ve ark., 2016; Ma ve ark., 2017).

Ayrıca, olgunlaşma fazı, çevredeki hücrelere yapısal ve biyokimyasal destek sağlayan hücre dışı matristeki (ECM) değişikliklerle karakterize edilir. ECM daha organize ve yoğun hale gelerek iyileşen dokunun düzgün işleyişini kolaylaştırır (Lothstein ve ark., 2022; Crowe ve ark., 2000). Büyüme faktörleri ve sitokinlerin varlığı, yeniden şekillenme sürecinin düzenlenmesinde rol oynamaya devam ederek dokunun uygun şekilde olgunlaşmasını sağlar (Das, 2024; Crowe ve ark., 2000).

SONUÇ

Etkili hemostaz, başarılı yara iyileşmesi için temel bir ön koşuldur. Gelişmiş hemostatik malzemelerin, özellikle de hidrojellerin geliştirilmesi, sadece hızlı pıhtı oluşumunu kolaylaştırmakla kalmayıp aynı zamanda sonraki iyileşme süreçleri için de en uygun ortamı yarattığından, yara bakımında önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. İnflamasyon yara iyileşme sürecinde iki ucu keskin bir kılıçtır. İyileşmeyi başlatmak ve enfeksiyonu önlemek için gerekli olsa da, düzensizliği kronik yaralara ve bozulmuş iyileşmeye yol açabilir. Enflamatuar yanıtın altında yatan mekanizmaları ve çözümünü anlamak, yara iyileşmesini artırmayı amaçlayan etkili tedaviler geliştirmek için çok önemlidir. Yara iyileşmesinin proliferasyon aşaması, çeşitli hücre tiplerinin ve sinyal moleküllerinin koordineli eylemlerini içeren çok yönlü bir süreçtir. Keratinositlerin, fibroblastların ve endotelyal hücrelerin çoğalması, etkili

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yara kapanması ve doku rejenerasyonu için gereklidir. Yara iyileşmesinin olgunlaşma aşaması, kolajenin yeniden şekillenmesini, hücreselliğin azalmasını, vasküler ağın stabilizasyonunu ve hücre dışı matrisin yeniden düzenlenmesini içeren karmaşık ve dinamik bir süreçtir.

KAYNAKÇA

Amagase, K., Hayashi, S., Nishikawa, K., Aihara, E., & Takeuchi, K. (2007). Impairment of gastric ulcer healing by alendronate, a nitrogen-containing bisphosphonate, in rats. Digestive Diseases and Sciences, 52(8), 1879-1889. https://doi.org/10.1007/s10620-007-9769-5

Ashcroft, G., Jeong, M., Ashworth, J., Hardman, M., Jin, W., Moutsopoulos, N., … & Wahl, S. (2011). Tumor necrosis factor-alpha (tnf-α) is a therapeutic target for impaired cutaneous wound healing. Wound Repair and Regeneration, 20(1), 38-49. https://doi.org/10.1111/j.1524-475x.2011.00748.x

Bai, Q., Teng, L., Zhang, X., & Dong, C. (2021). Multifunctional single-component polypeptide hydrogels: the gelation mechanism, superior biocompatibility, high performance hemostasis, and scarless wound healing. Advanced Healthcare Materials, 11(6). https://doi.org/10.1002/adhm.202101809

Beaudry, V., Ihrie, R., Jacobs, S., Nguyen, B., Pathak, N., Park, E., … & Attardi, L. (2010). Loss of the desmosomal component perp impairs wound healing in vivo. Dermatology Research and Practice, 2010(1). https://doi.org/10.1155/2010/759731

Boyar, V., Handa, D., Clemens, K., & Shimborske, D. (2014). Clinical experience with leptospermum honey use for treatment of hard to heal neonatal wounds: case series. Journal of Perinatology, 34(2), 161-163. https://doi.org/10.1038/jp.2013.158

Bryan, N., Ahswin, H., Smart, N., Bayon, Y., Wohlert, S., & Hunt, J. (2012). Reactive oxygen species (ros) – a family of fate deciding molecules pivotal in constructive inflammation and wound healing. eCM, 24, 249-265. https://doi.org/10.22203/ecm.v024a18

Chen, X., Liu, Y., & Zhang, X. (2012). Topical insulin application improves healing by regulating the wound inflammatory response. Wound Repair and Regeneration, 20(3), 425-434. https://doi.org/10.1111/j.1524-475x.2012.00792.x

Crowe, M., Doetschman, T., & Greenhalgh, D. (2000). Delayed wound healing in immunodeficient tgf-β1 knockout mice. Journal of Investigative Dermatology, 115(1), 3-11. https://doi.org/10.1046/j.1523-1747.2000.00010.x

Das, M. (2024). A study of scarless wound healing through programmed inflammation, proliferation and maturation using a redox balancing nanogel. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 112(9), 1594-1611. https://doi.org/10.1002/jbm.a.37712

Dong, W. (2024). Wound microenvironment-responsive peptide hydrogel with multifunctionalities for accelerating wound healing. Journal of Peptide Science, 30(7). https://doi.org/10.1002/psc.3595

Ghashghaii, A., Hashemnia, M., Nikousefat, Z., Zangeneh, M., & Zangeneh, A. (2017). Wound healing potential of methanolic extract of scrophularia striata in rats. Pharmaceutical Sciences, 23(4), 256-263. https://doi.org/10.15171/ps.2017.38

Haug, V., Liu, Q., Wu, M., Karvar, M., Aoki, S., Ma, C., … & Orgill, D. (2021). Novel application of autologous micrografts in a collagen-glycosaminoglycan scaffold for diabetic wound healing. Biomedical Materials, 16(3), 035032. https://doi.org/10.1088/1748-605x/abc3dc

Horng, H., Chang, W., Yeh, C., Huang, B., Chang, C., Chen, Y., … & Wang, P. (2017). Estrogen effects on wound healing. International Journal of Molecular Sciences, 18(11), 2325. https://doi.org/10.3390/ijms18112325

Hu, X., Zhu, S., R, L., Miller, J., Merkley, K., Tilton, R., … & Liu, H. (2018). Sirt6 deficiency impairs corneal epithelial wound healing. Aging, 10(8), 1932-1946. https://doi.org/10.18632/aging.101513

Huang, C. (2023). Improvement of wound healing by capsaicin through suppression of the inflammatory response and amelioration of the repair process. Molecular Medicine Reports, 28(2). https://doi.org/10.3892/mmr.2023.13042

Huang, Y., Zhao, X., Zhang, Z., Liang, Y., Yin, Z., Chen, B., … & Guo, B. (2020). Degradable gelatin-based ipn cryogel hemostat for rapidly stopping deep noncompressible hemorrhage and simultaneously improving wound healing. Chemistry of Materials, 32(15), 6595-6610. https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.0c02030

Jettanacheawchankit, S., Sasithanasate, S., Sangvanich, P., Banlunara, W., & Thunyakitpisal, P. (2009). Acemannan stimulates gingival fibroblast proliferation; expressions of keratinocyte growth factor-1, vascular endothelial growth factor, and type i collagen; and wound healing. Journal of Pharmacological Sciences, 109(4), 525-531. https://doi.org/10.1254/jphs.08204fp

Kanedi, M., Handayani, K., & Setiawan, W. (2022). Plants potential to be developed for wound healing medicine in indonesia. International Journal of Frontiers in Life Science Research, 3(1), 039-044. https://doi.org/10.53294/ijflsr.2022.3.1.0062

Li, D., Li, X., Wang, A., Meisgen, F., Pivarcsi, A., Sonkoly, E., … & Landén, N. (2015). Microrna-31 promotes skin wound healing by enhancing keratinocyte proliferation and migration. Journal of Investigative Dermatology, 135(6), 1676-1685. https://doi.org/10.1038/jid.2015.48

Li, J. (2023). Procedural promotion of multiple stages in the wound healing process by graphene-spiky silica heterostructured nanoparticles. International Journal of Nanomedicine, Volume 18, 6585-6599. https://doi.org/10.2147/ijn.s426552

Li, J., Duan, H., Wu, C., Zhang, D., Deng, Y., Yin, H., … & Wang, Y. (2013). Hgf accelerates wound healing by promoting the dedifferentiation of epidermal cells throughβ1-integrin/ilk pathway. Biomed Research International, 2013, 1-9. https://doi.org/10.1155/2013/470418

Li, L. and Wang, F. (2022). Wound healing and anti-inflammatory effects of anethum graveolens extract loaded in pva fibers: an in vitro and in vivo study. Journal of Bioactive and Compatible Polymers, 37(4), 299-315. https://doi.org/10.1177/08839115221104074

Li, X. (2024). Multifunctional hydrogels based on γ-polyglutamic acid/polyethyleneimine for hemostasis and wound healing. Biomaterials Research, 28. https://doi.org/10.34133/bmr.0063

Lin, X. (2024). Self-cross-linked oxidized sodium alginate/gelatin/halloysite hydrogel as injectable, adhesive, antibacterial dressing for hemostasis. Acs Sustainable Chemistry & Engineering, 12(31), 11739-11753. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c03668

Ling, X., Wang, H., Wan, L., Guo, H., Liu, Z., Lin, C., … & Zhang, X. (2020). Severity of albuminuria as an early indicator for wound healing in type 2 diabetic foot ulcers. Wound Repair and Regeneration, 29(1), 97-105. https://doi.org/10.1111/wrr.12876

Lothstein, K., Chen, F., Mishra, P., Smyth, D., Wu, W., Lemenze, A., … & Gause, W. (2022). A helminth mimic of tgf-β, tgm, enhances regenerative cutaneous wound healing and modulates immune cell recruitment and activation.. https://doi.org/10.1101/2022.09.24.509317

Luo, M., Wang, Y., Xie, C., & Lei, B. (2022). Multiple coordination-derived bioactive hydrogel with proangiogenic hemostatic capacity for wound repair. Advanced Healthcare Materials, 11(18). https://doi.org/10.1002/adhm.202200722

Ma, Z., Li, Z., Shou, K., Jian, C., Li, P., Niu, Y., … & Yu, A. (2017). Negative pressure wound therapy: regulating blood flow perfusion and microvessel maturation through microvascular pericytes. International Journal of Molecular Medicine, 40(5), 1415-1425. https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3131

Ma, Z., Shou, K., Li, Z., Jian, C., Qi, B., & Yu, A. (2016). Negative pressure wound therapy promotes vessel destabilization and maturation at various stages of wound healing and thus influences wound prognosis. Experimental and Therapeutic Medicine, 11(4), 1307-1317. https://doi.org/10.3892/etm.2016.3083

Murthy, S., Gautam, M., Goel, S., Purohit, V., Sharma, H., & Goel, R. (2013). Evaluation ofin vivowound healing activity ofbacopa monnieraon different wound model in rats. Biomed Research International, 2013, 1-9. https://doi.org/10.1155/2013/972028

Oberringer, M., Jennewein, M., Motsch, S., Pohlemann, T., & Seekamp, A. (2005). Different cell cycle responses of wound healing protagonists to transient in vitro hypoxia. Histochemistry and Cell Biology, 123(6), 595-603. https://doi.org/10.1007/s00418-005-0782-5

Passamaneck, Y. and Martindale, M. (2012). Cell proliferation is necessary for the regeneration of oral structures in the anthozoan cnidarian nematostella vectensis. BMC Developmental Biology, 12(1). https://doi.org/10.1186/1471-213x-12-34

Pazyar, N., Yaghoobi, R., Rafiee, E., Mehrabian, A., & Feily, A. (2014). Skin wound healing and phytomedicine: a review. Skin Pharmacology and Physiology, 27(6), 303-310. https://doi.org/10.1159/000357477

Ramon-Mateu, J., Ellison, T., Te, A., & Mq, M. (2019). Regeneration in the absence of a blastema requires cell division but is not tied to wound healing in the ctenophoremnemiopsis leidyi.. https://doi.org/10.1101/509331

Reinertsen, E., Skinner, M., Wu, B., & Tawil, B. (2014). Concentration of fibrin and presence of plasminogen affect proliferation, fibrinolytic activity, and morphology of human fibroblasts and keratinocytes in 3d fibrin constructs. Tissue Engineering Part A, 20(21-22), 2860-2869. https://doi.org/10.1089/ten.tea.2013.0423

Reinke, J. and Sorg, H. (2012). Wound repair and regeneration. European Surgical Research, 49(1), 35-43. https://doi.org/10.1159/000339613

Ručigaj, T. (2021). Skin wound healing., 227-236. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53811-2_8

Sanchez, M., Lancel, S., Boulanger, É., & Nevière, R. (2018). Targeting oxidative stress and mitochondrial dysfunction in the treatment of impaired wound healing: a systematic review. Antioxidants, 7(8), 98. https://doi.org/10.3390/antiox7080098

Seo, E., Lim, J., Jun, J., Choi, W., Hong, I., & Jun, H. (2017). Exendin-4 in combination with adipose-derived stem cells promotes angiogenesis and improves diabetic wound healing. Journal of Translational Medicine, 15(1). https://doi.org/10.1186/s12967-017-1145-4

Shakya, S., He, Y., Ren, X., Guo, T., Maharjan, A., Luo, T., … & Zhang, J. (2019). Ultrafine silver nanoparticles embedded in cyclodextrin metal-organic frameworks with grgds functionalization to promote antibacterial and wound healing application. Small, 15(27). https://doi.org/10.1002/smll.201901065

Tanno, H., Kawakami, K., Emi, K., Suzuki, A., Takagi, N., Yamamoto, H., … & Tachi, M. (2017). Invariant nkt cells promote skin wound healing by preventing a prolonged neutrophilic inflammatory response. Wound Repair and Regeneration, 25(5), 805-815. https://doi.org/10.1111/wrr.12588

Teng, L., Shao, Z., Bai, Q., Zhang, X., He, Y., Lu, J., … & Dong, C. (2021). Biomimetic glycopolypeptide hydrogels with tunable adhesion and microporous structure for fast hemostasis and highly efficient wound healing. Advanced Functional Materials, 31(43). https://doi.org/10.1002/adfm.202105628

Thandavarayan, R., Garikipati, V., Joladarashi, D., Babu, S., Jeyabal, P., Verma, S., … & Krishnamurthy, P. (2015). Sirtuin-6 deficiency exacerbates diabetes-induced impairment of wound healing. Experimental Dermatology, 24(10), 773-778. https://doi.org/10.1111/exd.12762

Twilley, D., Reva, O., Meyer, D., & Lall, N. (2022). Mupirocin promotes wound healing by stimulating growth factor production and proliferation of human keratinocytes. Frontiers in Pharmacology, 13. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.862112

Vinish, M., Cui, W., Stafford, E., Bae, L., Hawkins, H., Cox, R., … & Toliver-Kinsky, T. (2016). Dendritic cells modulate burn wound healing by enhancing early proliferation. Wound Repair and Regeneration, 24(1), 6-13. https://doi.org/10.1111/wrr.12388

Viticchiè, G., Lena, A., Cianfarani, F., Odorisio, T., Annicchiarico-Petruzzelli, M., Melino, G., … & Candi, E. (2012). Microrna-203 contributes to skin re-epithelialization. Cell Death and Disease, 3(11), e435-e435. https://doi.org/10.1038/cddis.2012.174

Wang, C., Luo, S., Jia, S., Wu, W., Chang, S., Feng, S., … & Wee, Y. (2022). Balance of macrophage activation by a complex coacervate-based adhesive drug carrier facilitates diabetic wound healing. Antioxidants, 11(12), 2351. https://doi.org/10.3390/antiox11122351

Wang, C., Niu, H., Ma, X., Hong, H., Yuan, Y., & Liu, C. (2019). Bioinspired, injectable, quaternized hydroxyethyl cellulose composite hydrogel coordinated by mesocellular silica foam for rapid, noncompressible hemostasis and wound healing. Acs Applied Materials & Interfaces, 11(38), 34595-34608. https://doi.org/10.1021/acsami.9b08799

Wang, L., Hussain, Z., Zheng, P., Zhang, Y., Cao, Y., Gao, T., … & Pei, R. (2023). A mace-like heterostructural enriched injectable hydrogel composite for on-demand promotion of diabetic wound healing. Journal of Materials Chemistry B, 11(10), 2166-2183. https://doi.org/10.1039/d2tb02403a

Wang, P. (2024). Multifunctional therapeutic nanodiamond hydrogels for infected-wound healing and cancer therapy. Acs Applied Materials & Interfaces, 16(8), 9656-9668. https://doi.org/10.1021/acsami.3c13464

Wang, Z., Fang, Q., Luo, H., Xu, G., & Wang, D. (2022). Inflammatory microenvironment of skin wounds. Frontiers in Immunology, 13. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.789274

Wee, J., Low, Z., Ooi, C., Henategala, B., Lim, Z., Yip, Y., … & Tan, N. (2022). Single-cell analysis of skin immune cells reveals an angptl4-ifi20b axis that regulates monocyte differentiation during wound healing. Cell Death and Disease, 13(2). https://doi.org/10.1038/s41419-022-04638-7

Wu, P., Cao, Y., Zhao, R., & Wang, Y. (2019). Mir-96-5p regulates wound healing by targeting bnip3/fak pathway. Journal of Cellular Biochemistry, 120(8), 12904-12911. https://doi.org/10.1002/jcb.28561

Xu, Q., Dai, X., Yang, L., Liu, X., Liu, Y., & Gao, F. (2022). E-polylysine-based macromolecules with catalase-like activity to accelerate wound healing by clearing bacteria and attenuating inflammatory response. Acs Biomaterials Science & Engineering, 8(11), 5018-5026. https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.2c00986

Yang, Y., Yu, C., Le, Y., Gong, W., Ju, J., Zhang, G., … & Fu, Y. (2023). Angiopoietin-like 4 promotes epidermal stem cell proliferation and migration and contributes to cutaneous wound re-epithelialization. Acta Biochimica Et Biophysica Sinica, 55(8), 1265-1274. https://doi.org/10.3724/abbs.2023055

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Zhang, C., Zhu, Y., Lu, S., Zhong, W., Wang, Y., & Chai, Y. (2019). Platelet-rich plasma with endothelial progenitor cells accelerates diabetic wound healing in rats by upregulating the notch1 signaling pathway. Journal of Diabetes Research, 2019, 1-12. https://doi.org/10.1155/2019/5920676

Zhang, M., Liu, N., Wang, X., Chen, Y., Li, Q., Lu, K., … & Zhang, L. (2011). Activin b promotes epithelial wound healing in vivo through rhoa-jnk signaling pathway. Plos One, 6(9), e25143. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025143

Zhao, X., Guo, B., Wu, H., Liang, Y., & Peter, X. (2018). Injectable antibacterial conductive nanocomposite cryogels with rapid shape recovery for noncompressible hemorrhage and wound healing. Nature Communications, 9(1). https://doi.org/10.1038/s41467-018-04998-9

Zhao, X., Liang, Y., Huang, Y., He, J., Han, Y., & Guo, B. (2020). Physical double-network hydrogel adhesives with rapid shape adaptability, fast self-healing, antioxidant and nir/ph stimulus-responsiveness for multidrug-resistant bacterial infection and removable wound dressing. Advanced Functional Materials, 30(17). https://doi.org/10.1002/adfm.201910748

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YARA TEDAVİSİNDE mTOR SİNYAL YOLAĞI ve mTOR İNHİBİTÖRLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed DENİZ
Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı
m.deniz476474@gmail.com- ORCID ID:0000-0001-6129-9526
Doç. Dr. Mustafa MAKAV
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı
mustafamakav@gmail.com- ORCID ID:0000-0003-1879-8180

ÖZET

Rapamisinin memeli hedefi (mTOR) sinyal yolu, hücre çoğalması, göçü ve hayatta kalması dahil olmak üzere çeşitli hücresel süreçleri düzenleyerek yara iyileşmesinde önemli bir rol oynar. mTOR, besinlerden, büyüme faktörlerinden ve hücresel stresten gelen sinyalleri entegre eden ve böylece hücresel metabolizmayı ve işlevi etkileyen bir serin/treonin kinazdır. mTOR yolağının aktivasyonu yara iyileşme sürecini geliştirirken inhibisyonu ise yara iyileşmesini geciktirmektedir. Araştırmalarda, mTOR sinyalinin aktivasyonu çeşitli modellerde yara iyileşmesini hızlandırmıştır. Örneğin, epitel hücrelerinde mTOR'un koşullu aktivasyonunun genetik olarak tanımlanmış fare modellerinde keratinosit göçünü ve çoğalmasını teşvik ederek yara iyileşme sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Rapamisin gibi mTOR inhibitörlerinin kullanımı, yara iyileşmesini engellenmesi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, mTOR inhibitörlerinin cilt karsinogenezisi azaltmada etkili olmalarına rağmen, yara iyileşme sürecini bozdukları vurgulanmaktadır. Böylece hem kanser hem de doku onarımı süreçlerinde mTOR sinyalinin ikili doğasının önemi belirtilmektedir. Diyabetik yara iyileşmesinde mTOR inhibitörlerinin diyabetik hastalarda iyileşme sürecini daha da geciktirdiği bildirilmektedir. mTOR inhibisyonunun, özellikle diyabetik koşullarda yara iyileşmesinde rol oynadığı bilinen miyeloid türevli baskılayıcı hücreleri (MDSC'ler) düzenleyebileceği bildirilmektedir. Özetle, mTOR sinyal yolu yara iyileşmesinin kritik bir düzenleyicisidir ve doku onarımı için gerekli olan çeşitli hücresel süreçleri etkiler. Bu yolun aktivasyonu iyileşmeyi teşvik ederken, mTOR inhibitörleri yoluyla inhibisyonu, özellikle diyabetik hastalarda iyileşmenin gecikmesine yol açabilir. Bu nedenle, mTOR sinyalizasyonunun yara iyileşmesindeki rollerini anlamak, etkili terapötik stratejiler geliştirmek için gereklidir.

Anahtar Kelimeler: mTOR, Yara iyileşmesi, Diyabet

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

mTOR SIGNAL PATHWAY and mTOR INHIBITORS IN WOUND TREATMENT

ABSTRACT

The mammalian target of rapamycin (mTOR) signaling pathway plays an important role in wound healing by regulating various cellular processes, including cell proliferation, migration and survival. mTOR is a serine/threonine kinase that integrates signals from nutrients, growth factors and cellular stress, thereby affecting cellular metabolism and function. Activation of the mTOR pathway enhances the wound healing process, while inhibition delays wound healing. In studies, activation of mTOR signaling accelerated wound healing in various models. For example, conditional activation of mTOR in epithelial cells significantly improved wound healing outcomes by promoting keratinocyte migration and proliferation in genetically defined mouse models. The use of mTOR inhibitors such as rapamycin has been associated with inhibition of wound healing. It is also emphasized that although mTOR inhibitors are effective in reducing skin carcinogenesis, they impair the wound healing process. Thus, the importance of the dual nature of mTOR signaling in both cancer and tissue repair processes is emphasized. In diabetic wound healing, mTOR inhibitors are reported to further delay the healing process in diabetic patients. mTOR inhibition may regulate myeloid-derived suppressor cells (MDSCs), which are known to play a role in wound healing, especially in diabetic conditions. In summary, the mTOR signaling pathway is a critical regulator of wound healing and influences various cellular processes essential for tissue repair. Activation of this pathway promotes healing, while its inhibition via mTOR inhibitors can lead to delayed healing, especially in diabetic patients. Therefore, understanding the roles of mTOR signaling in wound healing is essential for developing effective therapeutic strategies.

Keywords: mTOR, Wound healing, Diabetes

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

mTOR yolu, etkili yara iyileşmesi için hayati önem taşıyan büyüme faktörlerine ve besin maddelerine karşı hücresel tepkilerin düzenlenmesi için gereklidir. mTOR'un aktivasyonu hücre çoğalması, göç ve anjiyogenez gibi süreçleri teşvik eder ve bunların hepsi doku onarımı için çok önemlidir. mTOR aktivasyonunun genetik olarak tanımlanmış fare modellerinde yara iyileşmesini hızlandırdığı bildirilmiş ve onarım için gerekli hücresel faaliyetlerin desteklenmesindeki önemini vurgulanmıştır (Squarize ve ark., 2010). Ayrıca, PI3K/Akt/mTOR sinyal yolunun fibroblast fonksiyonunu ve keratinosit göçünü düzenlediği gösterilmiştir (Hao ve ark., 2022).

Diyabetik yaralarda, mTOR yolu genellikle düzensizdir ve bu da iyileşmenin bozulmasına neden olur. Diyabetle ilişkili kronik enflamatuar durum, mTOR'un kalıcı aktivasyonu ile sonuçlanabilir ve bu da diyabetik yaraların kronikleşmesine katkıda bulunabilir. mTOR yolağının enflamatuar yanıtların modülasyonunda rol oynadığını ve düzensizliğinin diyabetik hastalarda iyileşme sürecini daha da kötüleştirebileceğini göstermektedir (Chen, 2024). Ayrıca, mTOR ile SIRT1/NF-κB yolakları gibi diğer sinyal yolakları arasındaki etkileşim, mTOR'un diyabetik koşullarda yara iyileşmesini nasıl etkilediğini anlamak için çok önemlidir (Hao ve ark., 2022).

Yara tedavisinde mTOR inhibitörlerinin kullanımı karmaşıklık teşkil etmektedir. Rapamisin gibi bu inhibitörlerin enflamatuvar tepkileri modüle ettiği ve potansiyel terapötik uygulamalara sahip olduğu bilinmekle birlikte, iyileşme sürecini de bozabilirler. Everolimus ile tedavinin deneysel yaralarda anjiyogenez ve yara iyileşmesi için kritik olan inflamatuar hücre sayılarının azaldığı ve vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) seviyelerinin düşmesi ile sonuçlandığını bildirilmiştir (Willems et al., 2010). Öte yandan, bazı çalışmalar mTOR inhibitörlerinin belirli bağlamlarda yara iyileşmesini destekleyebileceğini göstermiştir. Örneğin, Li ve ark. (2021), mTOR inhibitörü INK128'in diyabetik modellerde miyeloid türevli baskılayıcı hücreleri (MDSC'ler) düzenleyerek yara iyileşmesini artırabileceğini bulmuş ve mTOR yolağının modülasyonunun diyabette iyileşme sürecini olumlu yönde etkileyebileceğini öne sürmüştür.

Ayrıca, mTOR inhibisyonunun zamanlaması yara iyileşmesi üzerindeki etkilerini etkileyen kritik faktörlerdir. Kronik inhibisyon iyileşmenin gecikmesine yol açabilirken, geçici inhibisyon anjiyogenezi bozmadan aşırı inflamasyonu azaltarak iyileşme yanıtını potansiyel olarak artırabilir (Li ve ark., 2021).

2. mTOR sinyal yolunun yara iyileşmesindeki rolü

Rapamisin (mTOR) sinyal yolunun mekanik hedefi, hücre çoğalması, göçü ve farklılaşması gibi çeşitli hücresel süreçleri etkileyerek yara iyileşmesinde kritik bir rol oynar. mTOR yolu, yara iyileşmesi sürecinde büyüme faktörlerine ve stres sinyallerine karşı hücresel tepkilerin düzenlenmesi için gerekli olan fosfoinozitid 3-kinaz (PI3K)/Akt sinyal yolu ile karmaşık bir şekilde bağlantılıdır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

mTOR yolunun aktivasyonunun etkili yara iyileşmesi için çok önemli olduğu bildirilmektedir. Örneğin, Jin ve ark. (2013) mikroRNA-99 ailesinin AKT/mTOR sinyal yolunu hedeflediğini vurgulayarak, bu yolun modülasyonunun hücre çoğalmasını ve göçünü düzenleyerek dermal yara iyileşmesini önemli ölçüde etkileyebileceğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Rosselli-Murai ve ark. (2013) mTOR'un normal iyileşme sürecinin ayrılmaz bir parçası olduğunu ve inhibisyonunun yara iyileşmesinde gecikmeye yol açabileceğini belirterek doku rejenerasyonundaki öneminin altını çizmiştir. Ayrıca, Squarize ve ark. (2010), mTOR aktivasyonunun genetik olarak tanımlanmış fare modellerinde yara iyileşmesini hızlandırdığına dair kanıtlar sunarak, yolağın onarım için gerekli hücresel aktiviteleri desteklemedeki rolünü güçlendirmiştir.

mTOR yolağının katılımı, yara iyileşmesini artırmayı amaçlayan çeşitli terapötik yaklaşımlara kadar uzanmaktadır. Örneğin Chen (2024), özel pansumanların PI3K/Akt/mTOR yolağını aktive ederek diyabetik ayak ülseri iyileşmesini destekleyebileceğini bildirmiş ve yolağın dış uyaranlara karşı duyarlılığını göstermiştir. Ayrıca, Huang ve ark. (2015) Akt/mTOR yolağındaki işlev bozukluğunun diyabetik sıçanlarda yara iyileşmesine katkıda bulunduğunu tespit ederek, bu sinyalin güçlendirilmesinin diyabetle ilişkili iyileşme eksikliklerini iyileştirebileceğini öne sürmüştür. Bu durum, kök hücrelerden türetilen hücre dışı veziküllerin PI3K/Akt/mTOR yolunun aktivasyonu yoluyla yara iyileşmesini artırabildiğini gösteren ve bu sinyal kaskadını hedeflemenin terapötik potansiyelini vurgulayan çalışmalarla da desteklenmektedir (Liu ve ark., 2022).

Ayrıca, mTOR yolağının yara iyileşmesindeki rolü hücre çoğalması ve göçü ile sınırlı değildir. Aynı zamanda iyileşme sürecinin hayati bir bileşeni olan anjiyogenezi de etkilediği belirtilmiştir. PI3K/Akt/mTOR yolağının aktivasyonunun, yara iyileşmesi sırasında anjiyogenez için çok önemli olan vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) seviyelerinin artmasına neden olduğunu bildirilmiştir (Gan ve ark., 2021). Bu durum, mTOR yolağının yara iyileşmesini düzenleyen otofaji süreçlerine dahil olduğu belirtilmektedir (Zheng ve ark., 2020).

3. mTOR inhibitörlerinin yara iyileşmesindeki rolü

mTOR inhibitörlerinin yara iyileşmesindeki rolü karmaşık ve çok yönlü bir araştırma alanıdır. mTOR (rapamisinin mekanik hedefi) büyüme, çoğalma ve metabolizma gibi hücresel süreçlerin kritik bir düzenleyicisidir. İnhibisyonunun yara iyileşmesi üzerinde hem yararlı hem de zararlı etkileri olduğu gösterilmiştir.

Birincil mTOR inhibitörlerinden biri olan rapamisinin (sirolimus olarak da bilinir), yara iyileşmesi üzerindeki etkilerinin kapsamlı araştırmaları devam etmektedir. mTOR aktivasyonu genellikle gelişmiş yara iyileşmesi ile ilişkilendirilirken, bu yolun inhibisyonu olumsuz sonuçlara yol açabilir. Örneğin, Willems ve ark. (2010), başka bir mTOR inhibitörü olan everolimus ile tedavinin deneysel yaralarda inflamatuar hücre sayısının azalmasına neden olduğunu, ancak aynı zamanda her ikisi de anjiyogenez ve yara iyileşmesi için çok önemli olan vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) ve nitrik oksit seviyelerinin azaldığını bildirmiştir. Bu durum, mTOR inhibitörlerinin enflamasyonu modüle edebilirken, etkili yara iyileşmesi için gerekli olan anjiyojenik yanıtı da bozabileceğini düşündürmektedir.

Buna karşılık, bazı çalışmalar mTOR inhibitörlerinin belirli durumlarda koruyucu etkilere sahip olabileceğini göstermiştir. Örneğin, Javid ve ark. (2018), mTOR yolunu aktive eden rosmarinus tedavisinin deri flep sağkalımını iyileştirdiğini, ancak bu etkinin rapamisin ile tersine çevrildiğini göstererek, mTOR aktivitesinin belirli iskemik koşullarda optimal iyileşme için gerekli olduğunu göstermiştir. Bu, mTOR'un yara iyileşmesindeki ikili rolünü vurgulamaktadır; burada inhibisyonu, güçlü anjiyogenez ve doku rejenerasyonu gerektiren senaryolarda zararlı olabilir.

Ayrıca, mTOR inhibitörlerinin kullanımı çeşitli çalışmalarda gecikmiş yara iyileşmesi ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin, sirolimus gibi mTOR inhibitörlerinin cilt karsinogenezini azaltmada etkili olmakla birlikte, özellikle diyabetik ayak ülserlerinde yara iyileşme süreçlerini de bozduğu belirtilmiştir (Feldmeyer ve ark., 2011). Bu durum, mTOR inhibisyonunun hücresel onarım süreçlerini baskılayarak yara iyileşmesini potansiyel olarak tehlikeye atabileceğini öne sürülmektedir (Mo ve ark., 2016).

Bununla birlikte, mTOR inhibisyonunun zamanlaması çok önemli görülmektedir. Örneğin, kronik mTOR inhibisyonu yara iyileşmesini engelleyebilirken, geçici inhibisyon aynı olumsuz etkiye sahip olmayabilir. mTOR aktivitesinin duyusal akson rejenerasyonu için gerekli olduğunu bulunmuş, bu da mTOR'un rejenerasyondaki rolüne bağlı olabileceğini düşündürmektedir (Chen ve ark., 2016). Bu durum, mTOR inhibitörlerinin yara iyileşmesi üzerindeki etkilerinin spesifik biyolojik ortama ve müdahalenin zamanlamasına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

4. Diyabetik yara iyileşmesinde mTOR sinyali

Rapamisin (mTOR) sinyal yolunun mekanik hedefi, diyabetik yara iyileşmesinin patofizyolojisinde, özellikle de diyabetik ayak ülserlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Diyabetik hastalar, mTOR aktivitesinden etkilenen bozulmuş anjiyogenez, inflamasyon ve hücresel metabolizma dahil olmak üzere çeşitli faktörler nedeniyle sıklıkla gecikmiş yara iyileşmesi yaşarlar.

Diyabetik yara iyileşmesinde, mTOR sinyali, doku onarımı için gerekli olan büyüme faktörlerine ve besin maddelerine karşı hücresel tepkileri düzenlemek için çok önemlidir. Çalışmalar, mTOR aktivasyonunun yara iyileşmesi için hayati önem taşıyan hücre proliferasyonunu ve göçünü desteklediğini göstermiştir. Örneğin, mTOR inhibitörü INK128'in diyabetik modellerde miyeloid türevli baskılayıcı hücreleri (MDSC'ler) düzenleyerek yara iyileşmesini artırabileceğini göstermekte ve mTOR yolağının modülasyonunun diyabetik hastalarda iyileşme sürecini olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (Li ve ark., 2021). MDSC'lerin enflamasyon ve doku onarımında rol oynadığı bilinmektedir ve mTOR sinyali ile düzenlenmeleri diyabette yara iyileşmesini iyileştirmede kilit bir mekanizma olabilir.

Ayrıca, diyabette mTOR sinyalinin düzensizliği, yara iyileşmesinde kritik bir faktör olan bozulmuş anjiyogenez ile ilişkilendirilmiştir. Anjiyogenez, iyileşen dokuya besin ve oksijen sağlamak için gereklidir ve mTOR bu sürecin merkezi bir düzenleyicisidir. Diyabetik koşullarda, bozulmuş anjiyojenik yanıt kronik yaralara ve amputasyon riskinin artmasına neden olabilir. mTOR inhibitörlerinin anjiyogenezi engelleyebileceğini ve böylece diyabetik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hastalarda yara iyileşmesi komplikasyonlarını şiddetlendirebileceğini göstermektedir (Feldmeyer ve ark., 2011). Bu durum, mTOR sinyalizasyonunun hedeflenmesinde gerekli olan hassas dengeyi vurgulamaktadır; inhibisyonun belirli bağlamlarda terapötik faydaları olabilirken, diğerlerinde iyileşme sürecini engelleyebilir.

Bununla birlikte, diyabetle ilişkili kronik enflamatuvar durum yara iyileşmesini daha da karmaşık hale getirebilir. Pro-enflamatuar sitokinlerin yüksek seviyeleri, mTOR sinyalinin kalıcı aktivasyonuna yol açabilir ve bu da diyabetik yaraların kronikleşmesine katkıda bulunabilir. mTOR inhibitörlerinin enflamatuvar yanıtları modüle edebileceğini ve diyabetik yaralarda enflamatuvar yükü potansiyel olarak azaltabileceği gösterilmiştir (Li ve ark., 2021). Ayrıca, mTOR'un aşırı baskılanması gerekli hücresel işlevleri bozarak iyileşmeyi geciktirebileceğinden, mTOR inhibisyonunun zamanlaması kritik öneme sahiptir.

Ayrıca, mTOR sinyali ile PI3K/Akt yolağı gibi diğer yolaklar arasındaki etkileşim, diyabetik yara iyileşmesini anlamak için çok önemlidir. PI3K/Akt yolunun mTOR'u aktive ettiği bilinmektedir ve diyabetteki düzensizliği daha iyi iyileşme için gerekli hücresel tepkilerin bozulmasına yol açabilir. Diyabetik ayak ülserlerinin, mTOR sinyali ile birbirine bağlı olan bozulmuş vasküler perfüzyon ve nöropati dahil olmak üzere çoklu patofizyolojik mekanizmalardan kaynaklandığı da vurgulanmaktadır (Jiang ve ark., 2015).

SONUÇ

mTOR sinyal yolu, etkili doku onarımı için gerekli olan çeşitli hücresel süreçleri etkileyen, yara iyileşmesinin önemli bir düzenleyicisidir. Aktivasyonu hücre proliferasyonunu, göçünü ve anjiyogenezi teşvik ederek, özellikle iyileşmenin sıklıkla tehlikeye girdiği diyabet gibi durumlarda, yara iyileşmesini artırmayı amaçlayan terapötik müdahaleler için umut verici bir hedef haline getirir. mTOR inhibitörleri yara iyileşmesi bağlamında karmaşık bir zorluk teşkil etmektedir. Enflamatuvar tepkileri modüle edebilmelerine ve potansiyel terapötik uygulamalara sahip olmalarına rağmen, genel etkileri, özellikle anjiyogenez ve sağlam doku rejenerasyonu gerektiren senaryolarda iyileşme süreci üzerinde engelleyici olma eğilimindedir. mTOR inhibitörlerinin yara iyileşmesini etkilediği kesin mekanizmaları tanımlamak ve olumsuz etkilerini hafifletmek için potansiyel stratejileri keşfetmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. mTOR diyabetik yara iyileşmesinde hücre proliferasyonu, anjiyogenez ve inflamasyon gibi süreçleri etkileyen çok yönlü bir rol oynamaktadır. MTOR inhibitörleri, yara iyileşmesinin belirli yönlerini modüle etmede terapötik potansiyel sunabilirken, etkileri bağlama bağlı olabilir ve klinik uygulamalarda dikkatli bir değerlendirme gerektirir. Gelecekteki araştırmalar, mTOR sinyalinin diyabetik yara iyileşmesini etkilediği kesin mekanizmaları aydınlatmaya ve temel rejeneratif süreçlerden ödün vermeden iyileşme sonuçlarını artırabilecek hedefe yönelik tedavileri keşfetmeye odaklanmalıdır.

KAYNAKÇA

Chen, C. (2024). Foam dressing and micropower vacuum dressing promote diabetic foot ulcer wound healing by activating the pi3k/akt/mtor pathway in rats. Journal of Biomaterials Applications, 39(1), 40-47. https://doi.org/10.1177/08853282241248780

Chen, W., Lü, N., Ding, Y., Wang, Y., Chan, L., Wang, X., … & Liu, K. (2016). Rapamycin-resistant mtor activity is required for sensory axon regeneration induced by a conditioning lesion. Eneuro, 3(6), ENEURO.0358-16.2016. https://doi.org/10.1523/eneuro.0358-16.2016

Feldmeyer, L., Hofbauer, G., Böni, T., French, L., & Hafner, J. (2011). Mammalian target of rapamycin (mtor) inhibitors slow skin carcinogenesis, but impair wound healing. British Journal of Dermatology, 166(2), 422-424. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2011.10591.x

Gan, D., Su, Q., Su, H., Wu, L., Han, B., & Xiang, M. (2021). Burn ointment promotes cutaneous wound healing by modulating the pi3k/akt/mtor signaling pathway. Frontiers in Pharmacology, 12. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.631102

Hao, M., Peng, X., Sun, S., Ding, C., & Liu, W. (2022). Chitosan/sodium alginate/velvet antler blood peptides hydrogel promoted wound healing by regulating pi3k/akt/mtor and sirt1/nf-κb pathways. Frontiers in Pharmacology, 13. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.913408

Huang, H., Cui, W., Qiu, W., Zhu, M., Zhao, R., Deng-fen, Z., … & Xu, X. (2015). Impaired wound healing results from the dysfunction of the akt/mtor pathway in diabetic rats. Journal of Dermatological Science, 79(3), 241-251. https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2015.06.002

Javid, Z., Norouzy, A., Bangaleh, Z., & Shadnoush, M. (2018). Rosmarinus improved skin flap survival through mtor dependent pathway. Serbian Journal of Dermatology and Venerology, 10(4), 113-118. https://doi.org/10.2478/sjdv-2018-0016

Jiang, Y., Wang, X., Lei, X., Fu, X., Zhang, X., Ran, X., … & Li, Q. (2015). A cohort study of diabetic patients and diabetic foot ulceration patients in china. Wound Repair and Regeneration, 23(2), 222-230. https://doi.org/10.1111/wrr.12263

Jin, Y., Tymen, S., Chen, D., Fang, Z., Zhao, Y., Dragas, D., … & Zhou, X. (2013). Microrna-99 family targets akt/mtor signaling pathway in dermal wound healing. Plos One, 8(5), e64434. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064434

Li, Y., Xu, Y., Liu, X., Yan, X., Lin, Y., Tan, Q., … & Hou, Y. (2021). Mtor inhibitor ink128 promotes wound healing by regulating mdscs.. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-55356/v3

Liu, Z., Yang, J., Chen, Y., Chen, C., Wang, J., Lee, Y., … & Luo, G. (2022). P311 facilitates the angiogenesis and wound healing function of mscs by increasing vegf production. Frontiers in Immunology, 13. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.821932

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Mo, W., Liu, Q., Lin, C., Dai, H., Peng, Y., Liang, Y., … & Lin, S. (2016). Mtor inhibitors suppress homologous recombination repair and synergize with parp inhibitors via regulating suv39h1 in brca-proficient triple-negative breast cancer. Clinical Cancer Research, 22(7), 1699-1712. https://doi.org/10.1158/1078-0432.ccr-15-1772

Rosselli-Murai, L., Almeida, L., Zagni, C., Galindo-Moreno, P., Padial-Molina, M., Volk, S., … & Castilho, R. (2013). Periostin responds to mechanical stress and tension by activating the mtor signaling pathway. Plos One, 8(12), e83580. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083580

Squarize, C., Castilho, R., Bugge, T., & Gutkind, J. (2010). Accelerated wound healing by mtor activation in genetically defined mouse models. Plos One, 5(5), e10643. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010643

Willems, M., Vliet, J., Man, B., Laak, J., Lomme, R., & Hendriks, T. (2010). Persistent effects of everolimus on strength of experimental wounds in intestine and fascia. Wound Repair and Regeneration, 18(1), 98-104. https://doi.org/10.1111/j.1524-475x.2009.00558.x

Zheng, A., Ma, H., Liu, X., Huang, Q., Li, Z., Wang, L., … & Wu, B. (2020). Effects of moist exposed burn therapy and ointment (mebt/mebo) on the autophagy mtor signalling pathway in diabetic ulcer wounds. Pharmaceutical Biology, 58(1), 124-130. https://doi.org/10.1080/13880209.2019.1711430

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SAĞLIĞI GELİŞTİREN ŞEHİRLER VE SAĞLIKLI KENT POLİTİKALARINDA HALK SAĞLIĞI HEMŞİRESİNİN ROLÜ

THE ROLE OF PUBLIC HEALTH NURSE IN HEALTH IMPROVING CITIES AND HEALTHY CITY POLICIES

[1]Doç. Dr. Semra KOCATAŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Fakültesi/Hemşirelik Bölümü/

Halk Sağlığı Hemşireliği Ana Bilim Dalı

skocatas@cumhuriyet.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7566-0060

[2]Hemşire Sümeyye FIRAT

Sivas Gözde Bakım Merkezi/ (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü/

Halk Sağlığı Hemşireliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi)

sumeyyefirat70@gmail.com - ORCID ID: 0009-0000-6792-1988

ÖZET

Dünya Sağlık Örgütü, 1986'da Avrupa'da "Herkes İçin Sağlık" ilkesini gündeme getirmiş ve Halk Sağlığı alanında "Sağlıklı Kentler Projesini" başlatmıştır. Avrupa'da uygulanıp yaygınlaşan projeler sonucunda "Sağlıklı Kentler Hareketi", "Sağlıklı Kentler Ağına" çevrilmiş, birçok kent ve belediye bu sürece dâhil olup girişimlere başlamıştır. Özellikle yerel yönetimlerin öncülüğünde geliştirilen ve uzun vadeli politikalarla ilerleyen "Sağlıklı Şehirler Projesi", şehirlerde yaşayan insanların psikolojik ve fiziksel sağlıklarını, refah düzeylerini geliştirmeyi ve arttırmayı amaçlamaktadır.

Ülkemizde de kentlere ilişkin uygulamaları takip eden kuruluş "Türkiye Sağlıklı Kentler Birliğidir". Dünya Sağlık Örgütünün başlatmış olduğu "Sağlıklı Kentler Projesine" çalışmaların başladığı yıllardan itibaren Avrupa'daki kentler gibi Türkiye'deki birçok şehir de katılım sağlamıştır. Sağlıklı Kentler Projesinin amacına uygun olarak dünyada ve Türkiye'de birçok kent iş birliği içinde çalışmalar yürütmektedir. Dünya genelinde yürütülen "Sağlıklı Kent Projeleri" arasında; sağlıkta eşitsizlikleri azaltmak, toplumun geliştirilmesini ve güçlendirilmesini teşvik etmek ve sağlığı destekleyen sosyal çevreler oluşturmak gibi projeler sıralanabilir. Türkiye'de yürütülen "Sağlıklı Kent Projeleri" arasında; açık ve yeşil alanlar, spor ve aktif yaşamın desteklenmesi, bina düzenlemeleri gibi projeler bulunmaktadır. Sağlığı geliştiren şehir politikalarının uygulanmasında özellikle halk sağlığı hemşireleri; toplumun sağlıklı bir çevrede yaşaması için topluma sağlık eğitimi vererek eğitici rolünü, olumsuz çevresel koşulların iyileştirilmesi yönünde ilgili kurum ve kuruluşlarla toplum adına görüşerek savunuculuk rolünü kullanarak kilit pozisyonda yer almaktadırlar. "Sağlıklı Kentler Hareketinin" Türkiye'de yürütülmesini ve desteklenmesini sağlamak amacıyla kurulan "Sağlıklı Kentler Birliği", üye belediyelerle birlikte sağlıklı kent çalışmalarını sürdürmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu derleme, Dünya Sağlık Örgütü tarafından yürütülen, Türkiye'de ve dünyada kabul gören "Sağlıklı Kentler Projesi" çalışmalarına dikkat çekmek ve sağlığı geliştiren şehirler ve sağlıklı kent politikalarında halk sağlığı hemşiresinin rolünü vurgulamak için yazılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sağlık, Kent, Sağlığı Geliştiren Kent/Şehir, Sağlıklı Kentler Projesi, Halk Sağlığı Hemşiresi

THE ROLE OF PUBLIC HEALTH NURSE IN HEALTH IMPROVING CITIES AND HEALTHY CITY POLICIES

ABSTRACT

The World Health Organization brought the principle of 'Health for All' to the agenda in Europe in 1986 and initiated the 'Healthy Cities Project' in the field of Public Health. As a result of the projects implemented and spreading in Europe, the Healthy Cities Movement was transformed into the Healthy Cities Network, and many cities and municipalities were included in this process and started initiatives. The Healthy Cities Project, which was developed especially under the leadership of local governments and progressed with long-term policies, aims to develop and increase the psychological and physical health and welfare levels of people living in cities.

The organization that follows the practices related to cities in our country is the Turkish Healthy Cities Association. Since the beginning of the studies, many cities in Turkey, as well as cities in Europe, have participated in the Healthy Cities Project initiated by the World Health Organization. In accordance with the purpose of the Healthy Cities Project, many cities in the world and in Turkey are carrying out studies in cooperation. Among the Healthy City Projects carried out worldwide; projects such as reducing health inequalities, encouraging the development and strengthening of society and creating social environments that support health can be listed. Among the Healthy Cities Projects in Turkey; there are projects such as open and green areas, supporting sports and active life, building arrangements. In the implementation of health-improving city policies, especially public health nurses; They play a key role by providing health education to the society so that it can live in a healthy environment and by using their advocacy role by meeting with relevant institutions and organizations on behalf of the society to improve negative environmental conditions. The Healthy Cities Association, which was established to ensure that the Healthy Cities Movement is carried out and supported in Turkey, continues its healthy city studies together with its member municipalities.

This compilation was written to draw attention to the Healthy Cities Project studies carried out by the World Health Organization and accepted in Turkey and the world and to emphasize the role of public health nurses in health-improving cities and healthy city policies.

Keywords: Health, City, Health-Improving City/City, Healthy Cities Project, Public Health Nurse

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Giriş

Çevremizle direk bağlantısı olan hem yerel hem de evrensel düzeyde olan sağlık, şehir yapısının kalitesi ve insan sağlığının esası niteliğindedir. Yoksulluk, eşitsizlik, kirlilik, işsizlik, toplumsal bağlılığın azlığı, konut ve diğer alanlardaki düşük kalite günümüz kentlerindeki problemlerin başında gelmektedir. Sağlık kavramı Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Şartı'nda ''Sağlık politikalarının sadece sağlıkla çalışan uzmanların alanı ile ilgili olmadığı, sağlığın sadece hastalığın olmaması durumu değil, sağlığın fiziksel, zihinsel ve sosyal esenlik hali olduğudur'' şeklinde tanımlanmaktadır (Başaran, 2007).

Sağlıklı kent "Sağlıklı Kentler Projesi'' ile ortaya çıkmış bir kavram olup "kentteki önemli değerleri yenilemek ve yeni mekânlar yaratmak", "kentin ulaşımında, konut alanlarında, yeşil alanlarında yeni, iyi fiziksel alanlar oluşturmak", "sosyal bütünleşmeyi oluşturmak ve geliştirmek", "toplumun gelişmesine ortam sağlamak", "sağlık servislerine yüksek seviyeli ulaşılabilirliği sağlamak", "yaşama imkânının sağlanması, ailesinin korunması, arkadaşları ile görüşebilmesi, yeme-içme ihtiyacını sağlayabilmesi, güvenli ve özgür bir biçimde yaşama eylemlerini gerçekleştirmek" şeklinde birçok farklı bakış ve çalışma alanlarına göre tanımında değişiklik göstermektedir.

Sağlıklı kent kavramı tanımlarından da anlaşılacağı üzere her ülke, her kent hatta aynı kentte yaşayan kişilerce bile farklı anlamlara gelebilmektedir. Kent planlayıcılarını tekrar insanların sağlığını geliştirmeye odaklamayı amaçlamaktadır. Kısaca sağlıklı kent yaşanabilir bir kent kavramının anlattığı tüm öğeleri içermektedir. Sağlıklı kent kavramından anlaşılması gereken, belirli bir sağlık düzeyine ulaşmış kent değil, sağlıklı ve yaşanabilir bir kent yolunda gerekli yapısal değişiklikleri ve süreci başlatmış ve çalışmalarını bu yolda ilerleten kenttir (Başaran, 2007).

1. Sağlığı Geliştirme, Şehir/Kent ve Sağlık

DSÖ'ye göre sağlığı geliştirme; "insanların kendi sağlıkları üzerindeki kontrolünü artırmalarını sağlayarak sadece tedaviye odaklanmakla kalmayıp, hastalığın temel nedenlerini ele alarak ve önleyerek bireylerin sağlığına ve yaşam kalitesine fayda sağlamak ve korumak için tasarlanmış çok çeşitli sosyal ve çevresel müdahaleleri kapsamaktadır" (WHO, 2016). Sağlığın geliştirilmesi ve sağlığın korunması, sağlık sorunlarının çözümünde günümüzde kabul edilen en etkili yaklaşımlardan biridir (Göçmen ve Meydan-Acımış, 2017).

Kent ise "Kendi sınırları içinde yaşayan nüfusun geçim kaynaklarını tarım ve hayvancılık dışı uğraşıların oluşturduğu, yönetim yapısı, toplumsal ilişkiler, kültürel alanlar, nüfus yoğunluğu gibi birçok yönden kırsal alanlardan farklı olan yerler'' olarak tanımlabilir. Aynı zamanda tarihi, sosyal, kültürel, siyasi, ekonomik vb. özellikleri de bünyesinde barındıran kentler bu özelliğiyle sadece bir mekân olmanın ötesinde olan yerleşim yerleridirler (Smith, 2006)

DSÖ tarafından 1986'da Avrupa başlatılan "Sağlıklı Şehirler Projesi'' ise kısa zamanda dünya çapında farklı ülkelere yayılan bir hareket olmuştur. Özellikle yerel yönetimlerin öncülüğünde geliştirilen ve uzun vadeli politikalarla ilerleyen bu proje, kentlerde yaşayan insanların psikolojik ve fiziksel iyilik hallerini, refah düzeylerini geliştirmeyi ve arttırmayı amaçlamaktadır (WH0, 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DSÖ tarafından oluşturulan "Sağlıklı Şehirler Hareketi" zaman geçtikçe önem kazanan kent sağlığı ve ilişkili olarak şehirlerin daha yüksek yaşam kalitesi sunması, uzun vadede sürdürülebilirliği destekleyen bir eylemdir. Sağlıklı kentlerin olmasını ve bunun eşitlik temelli olmasını sağlayan bu hareket küresel bir nitelik taşımıştır (Gür, 2024).

2. Sağlıklı Kentler Projesi

2.1 Sağlıklı Kentler Hareketi

DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, Sağlıklı Kentler Projesini "Herkes için Sağlık" prensiplerinin yerel seviyede uygulanmasını sağlayan bir araç olarak tanımlamaktadır. "Herkes için Sağlık" temeline oturtularak halk sağlığına yeni yaklaşımların uygulama yöntemiyle gösterildiği bu hareket, 1986 yılında Avrupa'da seçilen 11 kent ile başlamış ve kısa sürede kıtanın 30 ülkesinde oluşturulan ulusal ağlar ile 1400 kent ve kasabaya ulaşmıştır. Zaman içerisinde hareket daha da genişlemiş, Avrupa'da uygulanan stratejilerin kendi ortamlarına uyarlanmasıyla Avustralya, Kanada ve Amerika'da da bazı kentlere ulaşarak küresel bir hareket niteliği kazanmıştır (skpo.izmir.bel.tr).

"Herkes için sağlık" sloganıyla yola çıkan hareketin amaçları;

- Kentlerin sağlıklı, temiz ve güvenli bir yerleşim yeri yaratmak üzerine deneyimlerini paylaşarak tüm vatandaşların yaşamaktan mutlu olacakları bir çevre yaratmak,
- Eşitlik temelinden yola çıkarak din, dil, ırk, kültür, sınıf ve düşünce farkı gözetmeksizin eşit ve kaliteli bir yaşam ortamı sağlamak için sağlık, ulaşım, çevre gibi alanlarda ortak projeler geliştirmek, olarak sıralanabilir (skpo.izmir.bel.tr).

2.2 Sağlıklı Kentler Ağı

Sağlık reformu alanında 66 yıllık geçmişinde hep öncü rolünü üstlenen DSÖ, başından beri sağlığa hastalık temelli bireysel bir yaklaşımdan çok toplumsal temelli yaklaşımı benimsemiş; sağlığı bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali olarak değerlendirmiştir. 1977'de Cenevre'de yapılan Dünya Sağlık Asamblesi ile uluslararası toplumların herkes için sağlık konusunda mücadeleye davet edilmesinin ardından, örgüt Avrupa'da sağlık politikalarının oluşumunu tekrar incelemeye başlamış ve bu çalışmalar 1984 yılında 38 hedeflik, bölgesel "Herkes için Sağlık" stratejisinin uygulanmaya başlamasıyla sonuçlanmıştır.

Avrupa Bölgesinde uygulanan "Sağlıklı Kentler Projesi", yoksulluk, şiddet, sosyal dışlanma, kirlilik, standardın altında barınma koşulları, orta ve genç yaştaki insanların karşılanamayan ihtiyaçları, evsiz insanlar ve göçmenler, sağlıksız yerleşim planlaması gibi sorunların çözülebilmesinin yanı sıra eşitsizlik ve az olan toplum katılımı çalışmalarının artırılması gibi konularla sürdürülebilir bir gelişme ortamı sağlanması için bütünsel bir yaklaşımın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (skpo.izmir.bel.tr).

Katılımcı kentler, korunmasız grupların gereksinmelerine yönelik konuyla ilgili sektörler arası iş birliğine giderek, toplumsal gelişim inisiyatifleri ve programlarını baz alan, kent sağlık profilleri ve kent sağlık planları ve stratejilerini içeren geniş bir program ve ürün aralığını geliştirmekte ve uygulamaktadırlar (skpo.izmir.bel.tr).

"DSÖ Sağlıklı Kentler Projesi", Avrupa ölçeğinde sağlığı, karar vericilerin gündeminde ön sıralara yerleştirmeyi ve "Herkes için Sağlık" stratejisinin prensipleri ve hedefleri

doğrultusunda, sağlıklı ve sürdürülebilir bir kalkınma için kapsamlı yerel stratejiler geliştirmeyi amaçlayan uzun dönemli uluslararası bir gelişim inisiyatifidir. "Sağlıklı Kentler Projesinin" ana hedefi, kentte yaşayan ve çalışan insanların fiziksel, zihinsel, sosyal ve çevresel gönençlerini arttırmaktır (skpo.izmir.bel.tr).

Beşer yıllık dönemlerle gelişen projenin dördüncü evresi 2008 yılında tamamlanarak 2009 yılından itibaren beşinci evresi (2009-2013) başlamıştır. Her dönemde sağlıklı kent olmayı hedefleyen kentler uluslararası bu ağa üye olarak, belirlenen ana temalar çerçevesinde sonuç odaklı çalışmalar gerçekleştirmektedir. "DSÖ Sağlıklı Kentler Ağına" üyelik resmi bir başvuru sürecini takip ederek tamamlanmaktadır. Beş yıllık dilimlere bölünmüş her aşamanın sonunda eski ağ dağıtılmakta ve bir sonraki aşama, oluşturulan yeni bir ağ ile devam etmektedir (skpo.izmir.bel.tr).

"Uluslararası Sağlıklı Kentler Ağına" üye olabilmek için DSÖ'nün ortaya koyduğu şartlar aşağıdaki gibidir:

- Politik Taahhüt
- Sağlıklı Kent Proje Ofisi'nin kurulması
- Kent Sağlık Profilinin çıkarılması
- Sağlıklı Kent Göstergelerinin belirlenmesi
- Kent Sağlık Gelişim Planı'nın hazırlanması (İlgar, 2023).

2.3 Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği

Sağlıklı Kentler çalışmaları tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de "DSÖ Sağlıklı Kentler Ağı ve Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği" aracılığıyla uluslararası ve ulusal ölçekte iki koldan devam etmektedir.

"Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği", Sağlıklı Şehirler Hareketinin ülkemizde gelişebilmesi, benimsenmesi, uygulanabilmesi amacıyla 10 kurucu belediyenin girişimiyle (Bursa, Yalova, Van, Kadıköy, Afyonkarahisar, Tepebaşı, Çankaya, Ürgüp, Ordu, Kırıkkale) 2 Aralık 2004 tarih ve 2004/8226 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla mahalli idareler birliği statüsünde kurulmuştur. (Faaliyet Raporu, 2023).

3 Şubat 2005 tarihinde kuruluş toplantısını gerçekleştirerek etkinliklerine başlayan "Türkiye Sağlıklı Kentler Birliğinin" amacı, kentlerin bilgi ve deneyimlerini paylaşarak tüm vatandaşların yaşamaktan mutluluk duyacakları sağlıklı kentler yaratmaktır (skpo.izmir.bel.tr).

Herkese eşit ve kaliteli bir yaşam sağlamak için sağlık, ulaşım, planlama, çevre, altyapı vb. konularda sorunlara kalıcı çözümler getirecek ortak projeler geliştirmek suretiyle 2020 yılı sonuna kadar Türkiye'de yaşayan insanların; sosyal, ekonomik, fiziksel, kültürel, eğitim açısından daha tatmin edici yaşam koşullarına sahip olması hedeflenmektedir. (İlgar, 2023)

"Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği" üye Sayısı 2023 yılı itibariyle üye belediye sayısı 139'a ulaşmıştır (www.skb.gov.tr).

2.4 Sağlıklı Kentler Projesi

- Kentte yaşayan ve çalışan insanların fiziki, psikolojik ve çevresel refahlarını geliştirmeyi amaçlayan uzun dönemli bir kalkınma projesidir.

- Sağlıklı Kentler Projesi bir kentin ne olduğu ve sağlıklı kentin ne olması gerektiğinden yola çıkar.
- Yaklaşıma göre Kent; yaşayan, nefes alan, büyüyen, sürekli değişen bir iç dinamiğe sahip karmaşık bir organizmaya benzetilebilir.
- Sağlıklı kent çevresini geliştirebilen ve kaynaklarını genişletebilen bir kenttir.
- Sağlıklı kent kavramı bir sonuç değil, aynı zamanda bir yöntemdir.

Sağlıklı kent sadece belirli bir sağlık düzeyine ulaşmış kent değil, sağlık bilincine sahip ve onu geliştirmek için çaba harcayan kenttir. Nitekim herhangi bir kent var olan sağlık statüsüne bakılmaksızın sağlıklı kent olabilir; gerekli olan kararlılık ve başarıyı getirecek bir yapı ve işleyişe sahip olmaktır. (Başaran, 2007).

2.5 Sağlıklı Kentler Projesinin Amaçları

- Sağlıklı toplum politikalarını teşvik etmek,
- Destekleyici toplumsal çevreyi oluşturmak,
- Kaynakların doğru kullanımını sağlamak,
- Toplumun katılımını özendirmek ve arttırmak,
- Bütünleşik kent sağlığı program ve planlarını hazırlamak,
- Ulusal ve uluslararası proje ortaklıkları oluşturmaktır (skpo.izmir.bel.tr).

2.6 Faz VII Temaları

Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı kentler projesinin kavramsal altyapısının güncellenmesi, benimsenmesi ve gelişmesi amacıyla projeyi fazlar halinde ele alarak birinci fazı 1987-1992 yılları arasında başlatmış ve tamamlamıştır. Süreç günümüzde 2019-2025 yıllarını kapsayan 7. Faz içinde devam etmektedir. Bu faz içinde yapı kentlerin sağlığa ulaşmaları yolunda Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) için de çatı niteliği taşıyan bir yaklaşım benimsenmiş ve küresel ölçekte çalışmalar bu yönde devam etmektedir. İnsanlar, mekân, yerküre, barış, refah ve katılım kavramlarını betimleyen ve 6P yaklaşımı olarak da ifade edilen yaklaşım, 7. Faz içerisinde üye belediyeler için yol haritası niteliği de taşımakla birlikte, bu başlıklar altında çalışmalar yapmaları beklenmektedir. Bu bağlamda sağlıklı kentler ve tek sağlık hedefleri için 6P, küresel ölçekte son derece büyük bir önem taşımaktadır (Akarsu ve ark., 2024).

3. Sağlıklı Kentler Projesi Dünya'dan Örnekler
Fortaleza, Brezilya

Kentte Bisiklet Kullanımı

Fortaleza, Brezilya'da kardiyovasküler hastalıklar ölüm nedenlerinin %28'ini oluşturmakta olup, hareketsiz yaşam tarzı bu durumun başlıca sebeplerindendir. Kent yönetimi, fiziksel aktiviteyi artırarak bu sağlık sorunuyla mücadele etmeyi hedeflemiş ve bisiklet kullanımını teşvik etmeye yönelik bir pilot proje başlatmıştır. Bisikletlerin günlük ulaşımda kullanımı, yalnızca fiziksel aktiviteyi teşvik etmekle kalmayıp, aynı zamanda kentin hava kalitesini iyileştirmek için de etkili bir yöntem olarak görülmüştür. Bu amaçla, kentte mevcut olan 261 kilometrelik bisiklet yollarının kullanımını artırmak ve bu yolları daha güvenli hale getirmek üzere projeler başlatılmıştır. 2017 yılında başlatılan pilot proje, kentin çeşitli bölgelerinde 40 bisiklet ve 6 durak noktası ile hizmet vermeye başlamıştır. Bu proje, altı devlet dairesi ile yerel işletmelerin iş birliğiyle, "aktif ulaşımı" teşvik etmeye odaklanan Bicicletar Corporativo

programı kapsamında geliştirilmiştir. Projenin temel amacı, çalışanları bisiklet kullanmaya teşvik etmek, güvenli sürüş alışkanlıkları geliştirmek ve halk arasında bisikletle ulaşımın faydalarını artırmaktır.

Kent yönetimi, güvenliğin artırılması için bazı bölgelerde hız sınırlarını düşürmüş ve yaya ile bisiklet yollarında iyileştirmeler yapmıştır. Bununla birlikte, bisikletlerin kullanımını izlemek amacıyla veri toplayan GPS özellikli yeni bir "docksuz bisiklet sistemi" geliştirilmiştir. Bu yenilik, kullanıcıların bisikletleri daha kolay bulup kullanmasını sağlarken, proje etkinliğinin daha iyi analiz edilmesine de imkan tanımıştır. Projenin ilk beş ayında 500'den fazla kayıt alınmış ve 2000'den fazla bisiklet yolculuğu gerçekleştirilmiştir. Her gün ortalama olarak bisikletlerin yarısı kullanılmış, bu da projenin halk arasında hızla benimsendiğini göstermektedir (Akarsu ve ark., 2024, https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/encouraging-cycling-in-the-city-fortaleza-brazil).

Uganda-Kenya

AIDS Yetimleri İçin Gelir Getirici Destek

Dünya genelinde 12,2 milyon AIDS yetimi bulunmakta ve bunların %83'ü Sahra Altı Afrika'da yaşamaktadır. Bu çocukların çoğu HİV+ olan tek anneleri tarafından büyütülmektedir ve yoksulluk nedeniyle temel eğitim ve hayat becerilerini kazanma fırsatından mahrum kalmaktadırlar. Uganda ve Kenya'da yürütülen bu proje, AIDS yetimlerine gelecekteki yaşamlarında daha iyi fırsatlar sunmayı amaçlamakta, HİV+ anneler için gelir sağlama (İGA) ve yaşam planlama programlarını içermektedir. 2016'dan beri 235 hanede 1.906 çocuğa ulaşılan projeyle bu çocukların eğitimlerini sürdürmeleri, yaşam becerileri kazanmaları ve özgüven geliştirmeleri hedeflenmektedir. Proje, AIDS yetimlerinin içinde bulundukları yoksulluk döngüsünü kırmak amacıyla Uganda'nın Luwero Bölgesi'nde HİV+ tek annelerin kendi kafe işletmelerini kurmaları için eğitim ve destek sağlama üzerine odaklanmaktadır. Bu kafe işletme projeleri, annelerin düzenli gelir elde etmelerine olanak tanırken çocukların okula gönderilmesi için gerekli finansal desteği sağlar. Aynı zamanda sağlık eğitimleri ve beslenme destekleri sunularak annelerin HİV durumlarını yönetmeleri desteklenmektedir.

Benzer şekilde, Kenya'nın Homa Bay Bölgesi'nde yürütülen yaşam planlama programı ile AIDS yetimleri, kariyer danışmanlığı alırken tarım alanında da bilgi sahibi olmaktadırlar. Bu uygulama, çocukların hem beslenmelerini iyileştirmekte hem de yeşillendirme faaliyetlerine katkı sağlamaktadır. Proje, sahada ihtiyaç analizine dayalı olarak yerel ortaklarla planlanmakta ve uygulanmaktadır. "ABCD Yaklaşımı" ile toplumun mevcut kaynakları değerlendirilmektedir; örneğin, annelerin yemek yapma becerilerinden faydalanılarak kafe işletmeciliği seçilmiştir. Programın ilk üç yılı sonunda Luwero'daki 29 haneden dokuzu kendi ayakları üzerinde durabilecek yeterli gelir ve teknik beceriye ulaşmıştır (Akarsu ve ark., 2024, https://sdgs.un.org/partnerships/income-generating-activity-and-life-planning-programsupport-aids-orphans-contribute https://www.plas-aids.org/).

Meksiko, Meksika

DSÖ Kentsel Yönetişim Girişimi

Meksiko, DSÖ'nün (WHO) ve "İsviçre Kalkınma ve İş birliği Ajansı'nın" desteğiyle başlatılan Kentsel Yönetişim ve Refah Girişimi'ne (UGHW) dahil olmuştur. Bu girişim, kentte yaşayanların sağlığını iyileştirmek ve toplumun refahını artırmak amacıyla katılımcı ve çok

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sektörlü bir kentsel yönetişim yaklaşımı benimsemektedir. Kentte 2020-2024 yıllarını kapsayan ilk aşama, Gustavo A. Madero (GAM) bölgesinde uygulanmış olup, ilerleyen süreçte Milpa Alta, Magdalena Contreras, Tláhuac ve İztacalco bölgelerine genişletilmiştir. Bu projeyle, özellikle toplum katılımı aracılığıyla eşitlik ve etkinlik temelli politikalar geliştirilmesi hedeflenmektedir. Projenin ilk aşamasında, Gustavo A. Madero bölgesinde topluluk katılımını teşvik etmek amacıyla çeşitli etkinlikler düzenlenmiştir. Örneğin, toplumsal cinsiyete dayalı şiddetle mücadele kapsamında, bölgede mevcut kaynak ve kurumların haritalandırılması yapılmış, genç kent sanatçılarının katılımıyla farkındalık oluşturma çalışmaları yürütülmüştür (Okyay ve ark., 2024, https://www.who.int/initiatives/urban-governance-for-health-and-well-being/work-in-cities-mexico-city-mexico).

Dortmund, Almanya

Çocuklar İçin İklim Dostu Beslenme

Dortmund, iklim ve sağlık alanında sürdürülebilir çözümler bulmak amacıyla gıda temin süreçlerini yenileyen bir projeye imza atmıştır. 2021'de başlatılan belediye iklim eylem planı çerçevesinde kentteki FABİDO çocuk bakım merkezlerinden başlayarak iklim dostu ve sağlıklı beslenme stratejileri benimsenmiştir. Dortmund'un 2030 yılına kadar tarımsal uygulamalar ve beslenme alışkanlıklarını değiştirerek yılda 200,000 ton CO2 tasarrufu sağlaması hedeflenmektedir. Bu projenin temel amacı, küçük yaştan itibaren çocuklara sağlıklı ve sorumlu bir beslenme alışkanlığı kazandırmaktır. Proje, Dortmund'un FABİDO programı kapsamında bulunan 100'e yakın çocuk bakım merkezine yönelik sürdürülebilir bir gıda stratejisi geliştirmektedir. Satın alma süreci, yerel ve organik ürünlerin tercih edilmesi ile gıda kilometrelerinin azaltılmasına yönelik olarak yeniden düzenlenmiştir. Kent, yerel üreticilerle çerçeve sözleşmeler imzalayarak FABİDO mutfaklarında kullanılan organik ürün oranını 2019'daki %10'dan 2023'te %35'e çıkarmayı başarmıştır (Okyay ve ark., 2024, https://eurocities.eu/stories/dortmunds-shift-to-a-climate-friendly-diet-starts-with-kids-lunches/).

4. Sağlıklı Kentler Projesi Türkiye'den Örnekler
Trabzon İli Gürültü Azaltım Senaryolarının Geliştirilmesi Projesi

23/05/2018 tarihinde Trabzon Büyükşehir Belediyesi ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi arasında "Trabzon İli Gürültü Azaltım Senaryolarının Geliştirilmesi Projesine" ilişkin sözleşme imzalanmıştır. Bu proje kapsamında, Trabzon ilinde stratejik gürültü haritaları hazırlanan yerleşim alanlarında karayolu, sanayi ve eğlence yerleri için çevresel gürültü açısından sıcak noktaların belirlenmesi ve gürültü azaltım senaryolarının geliştirileceği eylem planlarının hazırlanması amaçlanmıştır (Akarsu ve ark., 2020).

Trabzon Büyükşehir Belediyesi proje süresince çeşitli yayın türleri ve kitle iletişim araçlarını kullanarak eylem planları konusunda halkın bilgilendirilmesini sağlamıştır. Trabzon Büyükşehir Belediyesi tarafından gürültü eylem planları ile ilgili 18 yaş ve üzeri yaştaki yaklaşık 180 kişinin katıldığı bir anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları Trabzon'un en önemli gürültü kaynağının %70 ile karayolu olduğunu göstermiştir. Ayrıca gürültü yönetimi alanlarında uygulanması düşünülen senaryolar hakkında da halkın görüşünün alındığı anket çalışması sonuçlarına göre uygulanması düşünülen senaryoların tümünün yüksek oranlarda desteklendiği tespit edilmiştir (Akarsu ve ark., 2020).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çankaya Belediyesi

Yağmur Hasadı Projesi

Çankaya Belediyesi sürdürülebilir, geleceğe dokunan bir kent oluşturmak için kentsel ekoloji çalışmalarına yenilerini eklemektedir. Bu kapsamda yağmur hasadı ve su tutma yöntemlerini öğrenmek ve Belediye bünyesinde bu konuda çalışan yöneticilerin, tasarımcılar, uzmanlar ve uygulayıcıların sürekliliğini sağlamak için AB ve sivil toplum kuruluşları ile iş birliği içerisinde proje hazırlanmıştır. Belediye, proje ortakları ile birlikte AB ve Türkiye Sivil Toplum Diyaloğu-IV Çevre Hibe Programı kapsamında hibe almaya hak kazanmıştır. İklim değişikliği sürecinde Türkiye'nin karşı karşıya kalacağı öngörülen sorunların başında, yağış rejiminde değişiklik, kuraklıkta artış ve buna bağlı olarak su kaynaklarında azalma gelmektedir. Yağmur hasadı ile kentsel ve kırsal alanlarda yağmur suyu depolanarak farklı sektörlerin su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Projenin ana hedefi kentlerin iklim değişikliği sürecinde uyum kapasitesini artırarak beklenen sıra dışı hava olaylarına direncini artırmaktır. Çankaya Belediyesi, Portekiz İnsani Dünya Derneği (AMH) ve Peyzaj Araştırmaları Derneği iş birliği ile yürütülen proje geleceğe dokunan bir kent oluşturmak için, kentsel ekoloji çalışmalarına başarılı bir örnek sunmaktadır. Proje kapsamında yağmur hasadı ve su tutma yöntemlerini öğrenmek, PAD ve Belediye bünyesinde bu konuda çalışan yöneticilerin, tasarımcılar, uzmanlar ve uygulayıcıların sürekliliğini sağlamak için farkındalık temelinde hazırlanmış bir projedir. Yerel yönetimler ve sivil toplumların ortaklığını geliştiren proje ile halka ulaşan, paydaşlarını geniş kitlelere ulaştıran çıktılar elde edilmektedir (Torunoğlu ve ark., 2018).

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

İzmit Körfezi Doğu Baseni Dip Çamurunun Temizlenmesi, Susuzlaştırılması ve Bertaraf İşi

"Dip Çamuru Temizleme Projesinde" 2 Mayıs 2023 tarihinde dönemin "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı" Murat Kurum'un katılımıyla ilk çamur çekimi gerçekleştirilmiştir. Kasım 2024'te tamamlanması planlanan "İzmit Körfezi Dip Çamuru Temizleme Projesi 1. Etabı" kapsamında 125 hektarda 1 milyon 13 bin 150 metreküp çamurun temizlenmiş olacağı tahmin edilmektedir.

İhalesi gerçekleştirilen 2. Etap kapsamında ise 165 hektarlık alanda 1 milyon 100 bin metreküp çamurun temizlenmesi hedefleniyor (https://www.kocaeli.bel.tr/proje/).

5. Sağlıklı Kent Uygulamalarında Halk Sağlığı Hemşiresinin Rol ve Sorumlulukları

Hemşire sağlık ekibi içinde bireye/topluma en yakın ekip üyesi olduğundan, birey/toplumun ihtiyaçlarını bilen ve onları haksızlıklardan koruyabilecek en uygun kişidir (Ulmer, 2000). Hemşirelikte en erken dönemde savunuculuk kavramını Nightingale "çevresel faktörleri kontrol altına alarak bireye iyi bir ortam sunmadır" şeklinde tanımlamaktadır (Bu ve Jezewski, 2006). Hemşirelik hasta/sağlıklı ve her yaştaki birey, aile, grup ve toplumların, otonomi ve iş birliğine dayalı bakımını kapsar. Hemşirelik sağlığın geliştirilmesi, hastalıkların önlenmesi, hasta, engelli ve ölmekte olanların bakımı ile ilgilenir. Savunma, güvenli çevrenin geliştirilmesi, araştırma, sağlık politikalarının biçimlendirilmesi, hasta ve sağlık yönetimi ve eğitim temel hemşirelik rolleridir (ICN, 2014).

Eğitici rolü; hemşirenin birey, aile ve toplum sağlığını korumaya, geliştirmeye, hastalık durumunda iyileştirmeye ve uygun sağlık davranışı kazandırmaya yönelik planlı biçimde eğitim verme uygulamalarını kapsamaktadır (Açıkgöz ve Baykal, 2023).

Sağlığı geliştiren şehir politikalarının uygulanmasında da özellikle halk sağlığı hemşireleri; toplumun sağlıklı bir çevrede yaşaması için topluma sağlık eğitimi vererek eğitici rolünü, olumsuz çevresel koşulların iyileştirilmesi yönünde ilgili kurum ve kuruluşlarla toplum adına görüşerek savunuculuk rolünü kullanarak kilit pozisyonda yer almaktadırlar.

6. Sonuç

Kentleşmenin ortaya çıkardığı sorunların çözümünde sağlıklı kent uygulamaları bu sorunlara çözüm oluşturmaktadır. DSÖ tarafından başlatılan "Sağlıklı Şehirler Hareketi" ile zaman geçtikçe önem kazanan kent/şehir sağlığı ve ilişkili olarak şehirlerin daha yüksek yaşam kalitesi sunması, uzun vadede sürdürülebilirliği destekleyen bir eylemdir. Sağlıklı kentleri oluşturan, kentlerde yaşayanların sağlığını iyileştiren sağlıklı mekanlar, güvenli ve kapsayıcı olanaklar, yönetişim, farkındalık ve eğitimin geliştirilmesi gibi sosyal boyutlar; demokratik, sağlıklı ve yaşam kalitesi yüksek "yaşanabilir" şehirleri yaratmakta, farklı paydaşlarla birlikte kentsel planlamada uygulanan kararlara dönüştüğü zaman yaşam kalitesini ve sürdürülebilirliği desteklenmektedir. Sağlığı geliştiren şehir politikalarının uygulanmasında da özellikle halk sağlığı hemşireleri; toplumun sağlıklı bir çevrede yaşaması için topluma sağlık eğitimi vererek eğitici rolünü, olumsuz çevresel koşulların iyileştirilmesi yönünde ilgili kurum ve kuruluşlarla toplum adına görüşerek savunuculuk rolünü kullanarak kilit pozisyonda yer almaktadırlar.

KAYNAKÇA

Neil Smith, "Yeni Küresellik, Yeni Şehircilik: Küresel Kentsel Strateji Olarak Soylulaştırma", Çeviri: İlknur Urkun-Bowe, İbrahim Gündoğdu, Planlama Dergisi, TMMOB Kent Plancıları Odası Yayını, S.36, Ekim 2006, Ankara, s.16.

Gür, M., Sağlıklı Yaşam Ortamları için Bütünleşik Bir Yaklaşım: Öğrenen Sağlıklı Şehirler, Kent Akademisi Dergisi, 17(1):167-186

Göçmen, L., Meydan Acımış, N. (2017). Dünden Günümüze Türkiye' de Sağlığın Geliştirilmesi Serüveni. Sağlık ve Toplum, 27(3), 14-19.

WHO. (2023). What is a healthy city? www.who.int/europe/groups/who-european-healthy-cities network/what-is-a-health-city

WHO. (2016). What is health promotion? https://www.who.int/features/qa/health promotion/en/ adresinden erişildi.

Akarsu, F., Kerimi Bodur, A.S., Sönmez, M. D., Börü, P., Balatacı, T., Uslu, H. Ö. 2024. Geleceğin sağlıklı kentlerine dünyadan iyi uygulama örnekleri. Bursa: Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği. ISBN: 978-625-95327-0-7

Başaran, İ. (2007). Sağlıklı kentler kavramının gelişiminde sağlıklı kentler projesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , *9*(3).

İlgar Doğan, Y. (2023). Kentsel Çevrede Fiziksel Aktivite ve Mekansal Planlama. Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

Özkurt, D. D. N., , S. F. H., , D. S. ve , M. N. T. O. (Mayıs 2020). Trabzon ili gürültü azaltım senaryolarının geliştirilmesi. *Tübitak*.

Torunoğlu, D. E., Oğultürk, D. N., Köroğlu, D. T., Duman, N., Göymen, H. ve Tekin, E. (Nisan, 2018). Çankaya kent sağlık göstergeleri ve çankaya kent sağlık gelişim planı 2019-2023. *Çankaya Belediyesi*.

Ulmer, B. C. (2000). Professional advocacy. AORN Journal, 1-3.

Bu, X, Jezewski, MA. (2006). Developing a mid-range theory of patient advocacy through concept analysis. JAN THEORETICAL PAPER, Journal compilation _ 2006 Blackwell Publishing Ltd.

International Council of Nursing.ICN (2014) Definition of Nursing, Erişim: 22.3.2014, http://www.icn.ch/about-icn/icndefinition-of-nursing/.

Açıkgöz, G. ve Baykal, Ü. (2023). Hemşirelerin mesleki rolleri ve özerkliğini destekleyen yasal düzenlemeler. *İstanbul Kent University J Health Sciences*.

https://eurocities.eu/stories/dortmunds-shift-to-a-climate-friendly-diet-starts-with-kids-lunches/ Erişim Tarihi: 18.12.2024

https://www.who.int/initiatives/urban-governance-for-health-and-well-being/work-in-cities-mexico-city-mexico Erişim Tarihi: 21.12.2024

https://sdgs.un.org/partnerships/income-generating-activity-and-life-planning-program support-aids-orphans-contribute https://www.plas-aids.org/ Erişim Tarihi: 22.12.2024

https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/encouraging-cycling-in-the-city-fortaleza-brazil Erişim Tarihi: 19.12.2024

www.skb.gov.tr Erişim Tarihi: 22.12.2024

https://www.kocaeli.bel.tr/proje/izmit-korfezinde-85-milyon-ton-dip-camuru-temizleniyor-435.html Erişim Tarihi:18.12.2024

https://skpo.izmir.bel.tr/content.aspx?MID=11 Erişim Tarihi:22.12.2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AYAK ÜLSERİ OLAN TİP 2 DİYABET HASTALARINDA BUERGER ALLEN EGZERSİZLERİNİN ALT EKSTREMİTE PERFÜZYONUNA VE YARA İYİLEŞMESİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMANIN PROTOKOLÜ

Emine KAYA
Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, kayaemine2626@gmail.com-0000-0002-6337-9551

Prof. Dr. Naile BİLGİLİ
Gazi Üniversitesi, nbilgili@gazi.edu.tr-0000-0002-7639-0303

ÖZET

Giriş: Diyabetli hastalarda ayak ülserlerinin önlenmesi ve tedavisi için yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır ve yapılan çalışmalar ayak egzersizlerinin kan dolaşımını artırarak yara iyileşmesine katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Amaç: Bu çalışma, Buerger Allen egzersizinin ayak yarası olan tip 2 diyabetli hastalarda alt ekstremite perfüzyonu ve yara iyileşmesi üzerine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapıldı.

Yöntem: Araştırma paralel grup, tek merkezli ön test-son test randomize kontrollü tasarım olarak gerçekleştirildi. Tip 2 diyabetli ayak yarası olan 72 hasta bir istatistik uzmanı tarafından blok randomizasyon yöntemi ile müdahale ve kontrol gruplarına eşit olarak atandı. Müdahale grubundaki hastalara Buerger Allen Egzersizi öğretilerek, bu egzersizi evlerinde 12 hafta boyunca yapmaları istendi. Egzersizlerin devamının sağlanması için bu grupta yer alan katılımcılara egzersiz günlüğü verildi ve her hafta hatırlatıcı telefon aramaları yapıldı. Kontrol grubunda yer alan hastalara ise egzersiz programı uygulanmadı, rutin takip ve tedavilerine devam ettiler. Veriler başlangıçta, 4. ve 12. haftalarda toplandı. Verilerin analizinde Brunner Langer, Mann Whitney U ve Friedman testleri kullanıldı.

Sonuçlar: Çalışma sonucunda, Buerger Allen egzersizinin katılımcıların ayak bileği kol indeksini artırmada ve yara iyileşmesinde etkili olduğu saptandı. Bu egzersizin evde ve klinikte takip edilen ayak ülseri olan tip 2 diyabetli hastalar için hemşirelik bakımının bir parçası olması ve hastalara bu egzersize yönelik bilgi ve beceri kazandırılması önerilmiştir.

Clinical Trials Kodu: NCT05747872.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: Alt ekstremite perfüzyonu, Buerger Allen egzersizi, Diyabetik ayak, Hemşire, Hemşirelik bakımı.

THE EFFECT OF BUERGER ALLEN EXERCISES ON LOWER EXTREMITY PERFUSION AND WOUND HEALING AMONG TYPE 2 DIABETES MELLITUS PATIENTS WITH FOOT ULCER: STUDY PROTOCOL FOR A RANDOMISED CONTROLLED TRIAL

ABSTRACT

Background: New approaches are needed for the prevention and treatment of foot ulcers in patients with diabetes and studies have shown that foot exercises may contribute to wound healing by increasing blood circulation.

Purpose: This study was conducted to evaluate the effect of Buerger Allen exercise on lower extremity perfusion and wound healing in type 2 diabetic patients with foot wounds.

Methods: The study was carried out as a parallel group, single-centre pretest-posttest randomised controlled design. Seventy-two patients with type 2 diabetes mellitus and foot wounds were assigned equally to the intervention and control groups by a statistician using block randomisation method. Patients in the intervention group were taught the Buerger Allen Exercise and asked to perform this exercise at home for 12 weeks. In order to ensure the continuity of the exercises, participants in this group were given an exercise diary and reminder phone calls were made every week. Patients in the control group did not receive any exercise programme and continued their routine follow-up and treatment. Data were collected at baseline and at weeks 4 and 12. Brunner Langer, Mann Whitney U and Friedman tests were used to analyse the data.

Conclusion: As a result of the study, Buerger Allen exercise was found to be effective in increasing the ankle arm index and wound healing of the participants. It was recommended that this exercise should be a part of nursing care for type 2 diabetic patients with foot ulcers followed at home and in the clinic and that patients should gain knowledge and skills for this exercise.

Trial registration: Clinical Trials No: NCT05747872.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Keywords: Lower extremity perfusion, Buerger Allen exercise, Diabetic foot, Nurse, Nursing care.

1. GİRİŞ

Diyabetli hastalarda en sık görülen komplikasyonlardan biri diyabetik ayak ülserleri (DAÜ)'dir. DAÜ, tekrarlayan hastane yatışları ve ampütasyon riski sebebiyle küresel olarak en önemli morbidite ve mortalite nedenlerindendir (Boulton, 2019; Jeffcoate vd., 2018; Jodheea-Jutton vd., 2022).

Diyabetik ayak ülserleri hastaya, sağlık sistemine ve genel olarak topluma önemli bir yük getirir. Ayak ülserleri hastaların ve sağlık çalışanlarının eğitimiyle büyük ölçüde önlenebilir. (Bus vd., 2023). Diyabetik ayak ülseri olan veya diyabetik ayak ülseri gelişimi açısından risk taşıyan hastalara uygulanabilecek girişimlerden birisi de egzersiz uygulamalarıdır. Bu hastalara eklem hareket açıklığı ve germe egzersizleri, denge egzersizleri, propriosepsiyon egzersizleri ve Buerger Allen egzersizi (BAE) gibi fiziksel aktiviteler uygulanmaktadır (Turan & Özkan, 2020).

Uluslararası Diyabetik Ayak Çalışma Grubu'nun en son güncellenen kılavuzlarında, ayak ülseri riski olan diyabet hastalarına egzersiz önerilerine de yer almaktadır (Bus vd., 2023). Hemşirelik müdahaleleri diyabetli hastalarda egzersizi teşvik etmek için önemli rol oynar (Eraydin & Avşar, 2018). Diyabet hastalarında egzersiz uygulamaları hakkında önemli çalışmalar yapılmıştır. Ancak ayak ülseri olan ya da ayak ülseri gelişme riski taşıyan hastalar için yapılan egzersiz çalışmaları sınırlıdır ve literatürde bu alanda yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Aagaard vd., 2022; Brousseau-Foley vd., 2022; Digal, 2019; Trisnawati vd., 2020). Bu çalışma diyabetik ayak ülseri olan hastalarda Buerger Allen egzersizinin alt ekstremite perfüzyonu ve yara iyileşmesine etkisinin bilinmesine, özellikle ayak ülseri gelişimi açısından risk taşıyan hastaların tedavi planlarında toplum sağlığı hemşireleri tarafından Buerger Allen egzersizine sağlığın korunması ve geliştirilmesi kapsamında yer verilmesine katkı sağlayabilir.

2. YÖNTEM

2.1. Tasarım

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu araştırma tek merkezli ön test-son test randomize kontrollü tasarım olarak yapıldı. Araştırma CONSORT 2017 farmakolojik olmayan girişimleri değerlendiren uzantısına göre raporlandı. Ayrıca bu araştırmanın protokolü ClinicalTrials.gov (Trials Number: NCT05747872) adresine girilerek kayıt altına alındı.

2.2. Hipotezler

$H_0$1: Ayak ülseri olan tip 2 diyabetli hastalarda Buerger Allen egzersizini uygulayan müdahale grubu ile kontrol grubu arasında alt ekstremite perfüzyon seviyeleri yönünden fark yoktur.

$H_0$2: Ayak ülseri olan tip 2 diyabetli hastalarda Buerger Allen egzersizini uygulayan müdahale grubu ile kontrol grubu arasında yara boyutu yönünden fark yoktur.

2.3. Çalışma grubu

Çalışma grubunu Ankara'da bir kamu hastanesinin kronik yara ünitesine diyabetik ayak ülseri şikayeti ile başvuran tip 2 diyabetli 72 hasta oluşturdu. Kronik yara ünitesine ilk muayene veya kontrol randevusu amacıyla başvuran hastalarla iletişime geçilerek çalışma süreci anlatıldı. Hastalar dışlanma ve dahil edilme kriterlerine göre taranarak dahil edilme kriterlerini karşılayan hastaların onamları alındı.

2.3.1. Çalışma grubu dahil etme kriterleri

Çalışma kapsamına ayak yarası olan, 18 yaş ve üzeri tip 2 diyabet tanılı, iletişim ve mental sorunu olmayan, okur-yazar olan ve Türkçe konuşan, çalışmaya katılmaya gönüllü olan ve PEDİS sınıflandırmasına göre evre 1 ve evre 2 olan hastalar dahil edildi.

2.3.2. Çalışma grubu dışlama kriterleri

Çalışma kapsamına, demans ve psikiyatrik rahatsızlıkları olan, majör ampütasyon, böbrek yetmezliği ve hemodiyaliz gibi ciddi diyabet komplikasyonları olan, flep-greft onarımı yapılan, yara iyileşmesi için epidermal growth faktör, hiperbarik oksijen tedavisi ve negatif basınçlı yara tedavisi alan hastalar dahil edilmedi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.3.3. Çalışma grubu ve güç analizi

Örneklem büyüklüğünü belirlemek için güç analizi yapıldı. G. Power 3.1 programı ile yapılan örneklem analizinde Chang ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışma baz alınarak Buerger Allen egzersizlerinin alt ekstremite perfüzyonuna etkisinin büyüklüğü (d=0,879) olarak hesaplandı. Çift yönlü hipotez, %5 alfa hata ve %95 güç ile minimum gerekli örneklem sayısı her bir grup için 35 olmak üzere toplam gerekli örneklem sayısı 70 olarak hesaplandı.

2.3.4. Randomizasyon

Araştırmada blok randomizasyon yöntemi kullanıldı. Bağımsız bir istatistik uzmanı tarafından tüm deneklerin sayısı bloklara bölündü ve her blok içerisindeki hastalar müdahale ve kontrol gruplarına eşit olarak atanarak blok randomizasyon listesi oluşturuldu. Her bir blok içerisinde altı hastanın yer aldığı 12 blok oluşturuldu (72 hasta alındı). Araştırmacı randomizasyon listesine uygulama başlayana kadar kör kaldı, ön test sonrası deneğin dahil olacağı grup çalışmada doğrudan rolü olmayan üçüncü bir şahıs (klinik çalışanı) tarafından araştırmacıya bildirildi. Araştırmada saptama yanlılığını önlemek için çıktı ölçümleri kimin deney, kimin kontrol grubunda olduğunu bilmeyen araştırma dışından bir uzman tarafından yapıldı. Araştırma verileri Grup 1 ve Grup 2 şeklinde kodlandı ve araştırmacı dışında bir uzman tarafından veri girişleri yapıldı. Çalışmada verilerin analizi istatistik uzmanı tarafından yapılarak raporlandı. Araştırmanın verileri/çıktı ölçümleri, istatistik analiz ve raporlama açısından körleme yapılarak, ölçüm ve raporlama yanlılığının önlenmesi amaçlandı.

2.4. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları

Araştırmada hasta seçimi Ankara'da bir kamu hastanesinin kronik yara ünitesinde Mart 2022 - Temmuz 2022 tarihleri arasında yapıldı. Randomizasyon öncesi veri toplama formu ve ön testler hastaların yazılı onamları alındıktan hemen sonra (T0) araştırmacı tarafından yüz yüze uygulandı. Ara ölçümler hastaların çalışmaya alınmalarının 4. haftasında (T1), son ölçümler ise 12. haftasında (T2) araştırmacı dışında çalışmadan bağımsız yara bakımı alanında uzman bir hemşire tarafından uygulandı.

Araştırma verilerinin toplanmasında, hastaların sosyo-demografik özelliklerine ve diyabet öyküsüne ilişkin 11 sorudan oluşan Hasta Bilgi Formu ve diyabetik ayağı duyu, dolaşım ve yara

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

açısından değerlendirmek amacıyla ilgili literatür doğrultusunda geliştirilen Diyabetik Ayak Değerlendirme Formu kullanıldı. Çalışmamızda alt ekstremite perfüzyonunu değerlendirmek için ayak bileği kol indeksi (ABİ) ölçümü yapıldı. Yaranın üzerine şeffaf bir film konularak ve üzerine bir santimetrekarelik karelerle işaretlenmiş bir ızgara bulunan şeffaf bir asetat yerleştirilerek yara ölçümü yapıldı. Yara kenarları ince uçlu bir kalemle çizildi. Çizilen alan içerisinde kalan kareler sayılarak santimetrekare olarak yara yüzeyi ölçüldü. Yara ölçümü yara temizlendikten ve yara sınırları görüldükten sonra yapıldı. Hastaların egzersiz programına uyumunu artırmak için ilgili literatür ve bu alanda deneyimli üç uzmanın önerileri doğrultusunda egzersiz günlüğü hazırlandı.

2.5. Uygulama

2.5.1. Müdahale grubu

Araştırmaya katılan müdahale grubundaki hastalara Buerger Allen egzersizi araştırmacı tarafından birebir yaptırılarak öğretildi. Bu egzersiz üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada hasta sırt üstü uzanarak bacaklarını yastık kullanarak 45 derecelik açı oluşacak şekilde yükseltir. Bu pozisyonda cilt beyazlaşana kadar 1-3 dakika bekler. İkinci aşamada hasta yatak kenarına oturarak bacaklarını sarkıtır. Ayak bileğinin plantar fleksiyonu, dorsifleksiyonu, ayağın inversiyon ve eversiyonu ve ayak parmaklarının ekstansiyon ve fleksiyonunu içeren hareketleri 3 dakika boyunca yapar. Son aşamada ise hasta 5 dakika boyunca sırt üstü uzanarak üzerini battaniye ile örter. Bu egzersizlerin üçünü sırayla uygulamak bir seans anlamına gelir. Hastalardan her defasında en az üç seans olacak şekilde, günde iki kez 12 hafta boyunca bu egzersizleri yapmaları istendi. Hastaların egzersiz programına uyumunu artırmak ve egzersizleri günlük olarak düzenli ve atlamadan yapmalarını desteklemek amacıyla hazırlanan egzersiz günlüğü hastalara verildi. Bireylerin egzersize katılımı, hastalar kontrol için kliniğe geldiklerinde görüşülerek, egzersiz günlüğü kullanılarak ve haftalık telefon görüşmeleri yapılarak takip edildi.. Müdahale grubunda bulunan hastaların ABİ ve yara yüzeyi ölçümleri 4. ve 12. haftalarda hastaneye davet edilerek yapıldı.

2.5.2. Kontrol grubu

Kontrol grubundaki katılımcılar, ön test uygulanması ve randomizasyonun ardından 12 hafta boyunca klinikteki rutin takip ve tedavilerine devam etti. Bu gruba araştırmacı tarafından

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

doğrudan bir girişim yapılmadı. Kontrol grubunda bulunan hastaların da aynı şekilde başlangıçta, 4. ve 12. haftalarda hastanede ABİ ve yara yüzeyi ölçümleri yapıldı.

2.6. Verilerin Analizi

Verilerin değerlendirilmesi Statistical Package for Social Sciences (SPSS Version 23) paket programı ile yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu istatistiksel ve grafiksel yöntemler ile incelendi. İkili gruplara göre normal dağılan verilerin karşılaştırılmasında Student T testi, normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen tekrarlı ölçümlerin zamana bağlı olduğu durumda elde edilen longutidinal verilerin analizinde grup ve zaman etkileşiminin değerlendirilmesi için R programında (R software, version 4.3.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) Brunner Langer testinin "nparLD" paketi (F1-LD-F1 dizayn) kullanıldı (Noguchi vd., 2012). Grup ve zaman etkileşimi anlamlı bulunduğunda gruplar tüm zaman noktalarında Mann Whitney U Testi ve Friedman Testi ile değerlendirildi. Zamana göre ölçüm değerlerindeki değişimi değerlendirmek için normal dağılıma uygun olmayan verilerde grup içinde Friedman Testi, gruplar arasında Mann Whitney U Testi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile incelendi. Etki büyüklükleri ve güven aralıkları "rcompanion" paketinde hesaplandı (Mangiafico, 2023).

2.7. Araştırmanın etik boyutu

Çalışma öncesi etik komisyon onayı alındı (Araştırma Kod No: 2021-814). T.C. Sağlık Bakanlığından kurum izni alındı. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylerden aydınlatılmış onamları yazılı olarak alındı. Çalışmada son ölçümler tamamlandıktan sonra kontrol grubuna egzersiz programı öğretildi.

3.TARTIŞMA

Diyabetik ayak ülseri olan bireylerde fiziksel aktivite uygulamaları yeni bir çalışma alanıdır (Brousseau-Foley ve diğerleri, 2022). Diyabet hastalarında egzersiz müdahaleleri hakkında önemli araştırmalar yapılmış olsa da, ayak ülseri olan ya da ayak ülseri riski altında olan hastalar için egzersiz çalışmaları sınırlıdır ve literatürde bu alanda yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Chang ve diğerleri, 2016; Chang, Chang ve Chen, 2015; Crews ve diğerleri, 2016; Liao ve diğerleri, 2019). Bu çalışma Buerger Allen egzersizinin alt ekstremite perfüzyonu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ve yara iyileşmesine etkisinin bilinmesine, egzersizin etkinliğine ilişkin kanıt oluşturmaya ve diyabetik ayak ülserini önlemeye yönelik hemşirelik uygulamalarına yansıtılmasına katkı sağlayabilir.

Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler özellikle ayak ülseri gelişimi açısından risk taşıyan hastaların tedavi planlarında Buerger Allen egzersizine sağlığın korunması ve geliştirilmesi kapsamında yer verilmesine yönelik uygun stratejiler geliştirmek için toplum sağlığı hemşireleri tarafından kullanılabilir. Literatürde Buerger Allen egzersizlerinin alt ekstremite perfüzyonu üzerindeki etkisini belirlemek için ABİ ölçümünü kullanan çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmada Buerger Allen egzersizlerinin yara iyileşmesi üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Bu yönüyle diyabetik ayak yönetiminde hemşirelik uygulamalarına katkı sağlanmıştır.

3.1. Araştırmanın Güçlü Yanları ve Sınırlılıkları

Çalışma, randomize kontrollü tasarımda gerçekleştirildi. Çalışma sonucunda etki büyüklüğü ve güven aralığı verilerek müdahalenin etkisinin alt ve üst sınırları belirtildi. Çalışmamızda saptama, analiz ve raporlama yanlılığının önüne geçmek için çıktı ölçümleri, analiz ve raporlama açısından körleme yapıldı. Çalışma tek merkezde yürütüldü

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayak ülserli tip 2 diyabet hastaları arasında Buerger Allen egzersizlerinin alt ekstremite perfüzyonuna ve yara iyileşmesine katkı sağladığı görüldü. Buerger Allen egzersizlerinin ayak ülseri gelişme riski olan tip 2 diyabet hastalarına proaktif yaklaşımla uygulanması, evde ve klinikte takip edilen ayak ülserli hastalara öğretilmesi önerilebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

Aagaard, T. V., Moeini, S., Skou, S. T., Madsen, U. R., & Brorson, S. (2022). Benefits and Harms of Exercise Therapy for Patients With Diabetic Foot Ulcers: A Systematic Review. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, *21*(3), 219-233. https://doi.org/10.1177/1534734620954066

Boulton, A. J. (2019). The diabetic foot. *Medicine*, *47*(2), 100-105.

Brousseau-Foley, M., Blanchette, V., Trudeau, F., & Houle, J. (2022). Physical Activity Participation in People With an Active Diabetic Foot Ulceration: A Scoping Review. *Canadian Journal of Diabetes*, *46*(3), 313-327. https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2021.07.002

Bus, S. A., Sacco, I. C. N., Monteiro-Soares, M., Raspovic, A., Paton, J., Rasmussen, A., Lavery, L. A., & Van Netten, J. J. (2023). Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, e3651. https://doi.org/10.1002/dmrr.3651

Chang, C.-C., Chen, M.-Y., Shen, J.-H., Lin, Y. B., Hsu, W.-W., & Lin, B.-S. (2016). A quantitative real-time assessment of Buerger exercise on dorsal foot peripheral skin circulation

in patients with diabetes foot: *Medicine*, *95*(46), e5334. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005334

Chang, C.-F., Chang, C.-C., & Chen, M.-Y. (2015). Effect of Buerger's Exercises on Improving Peripheral Circulation: A Systematic Review. *Open Journal of Nursing*, *05*(02), 120-128. https://doi.org/10.4236/ojn.2015.52014

Crews, R. T., Schneider, K. L., Yalla, S. V., Reeves, N. D., & Vileikyte, L. (2016). Physiological and psychological challenges of increasing physical activity and exercise in patients at risk of diabetic foot ulcers: A critical review. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *32*(8), 791-804. https://doi.org/10.1002/dmrr.2817

Digal, P. E. (2019). Effect of Buerger Allen Exercise on Lower Extremity Perfusion Among Patients with Diabetes Mellitus. Randomized Clinical Trial. *Nursing Journal of India*, *110*(5), 221-225.

Eraydin, Ş., & Avşar, G. (2018). The Effect of Foot Exercises on Wound Healing in Type 2 Diabetic Patients With a Foot Ulcer: A Randomized Control Study. *Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*, *45*(2), 123-130. https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000405

Jeffcoate, W. J., Vileikyte, L., Boyko, E. J., Armstrong, D. G., & Boulton, A. J. M. (2018). Current Challenges and Opportunities in the Prevention and Management of Diabetic Foot Ulcers. *Diabetes Care*, *41*(4), 645-652. https://doi.org/10.2337/dc17-1836

Jodheea-Jutton, A., Hindocha, S., & Bhaw-Luximon, A. (2022). Health economics of diabetic foot ulcer and recent trends to accelerate treatment. *The Foot*, *52*, 101909. https://doi.org/10.1016/j.foot.2022.101909

Liao, F., An, R., Pu, F., Burns, S., Shen, S., & Jan, Y.-K. (2019). Effect of Exercise on Risk Factors of Diabetic Foot Ulcers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *98*(2), 103-116. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001002

Mangiafico, S. (2023). *rcompanion: Functions to support extension education program evaluation [R statistical package]* (2. 4. 34).

Noguchi, K., Gel, Y. R., Brunner, E., & Konietschke, F. (2012). nparLD: An *R* Software Package for the Nonparametric Analysis of Longitudinal Data in Factorial Experiments. *Journal of Statistical Software*, *50*(12). https://doi.org/10.18637/jss.v050.i12

Trisnawati, I., Sudiana, I. K., & Supriyanto, S. (2020). Effect of Leg Exercise on the Lower Limb Circulation of Patients with Diabetes Mellitus: A Systematic Review. *JURNAL NERS*, *15*(2), 11.

Turan, Y., & Özkan, Y. (2020). Diyabetik Ayak Yarasının Tedavisinde Yeni Yardımcı Yöntemler; Fizik, Tedavi ve Rehabilitasyon. *Türkiye Klinikleri Ortopedi Travmatoloji - Özel Konular*, *13*(1), 93-100.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DİSMENORE

Dr. Öğr. Üyesi Döndü BATKIN ERTÜRK

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü,

E-posta Adresi: dondu.batkin@gop.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-7430-3130

Uzman Dr. Songül BATKIN

Aile Hekimliği Merzifon İlçe Sağlık Müdürlüğü,

E-posta Adresi: songulbatkin@hotmail.com

ORCID ID:0009-0000-9367-1337

ÖZET

Dismenore, menstruasyon sırasında oluşan ağrı olarak tanımlanmaktadır ve üreme çağındaki kadınlarda yaygın görülen bir şikayettir. Primer ve sekonder dismenore olarak sınıflandırılmaktadır. Primer dismenore, menstruasyon sırasında meydana gelen ve diğer hastalıklarla veya altta yatan patolojiyle ilişkili olmayan tekrarlayan alt karın ağrısıdır. Buna karşılık, sekonder dismenore endometriozis, myomlar, adenomyozis ve konjenital anatomik anormallikler vb. pelvik patalojiler veya enfeksiyonla ilişkili olabilir. Menarştan hemen sonra şiddetli dismenore veya giderek kötüleşen dismenore, anormal uterin kanama, infertilite, ampirik tedaviye yanıtsızlık, ailede endometriozis öyküsü veya disparoni sekonder dismenore ile uyumlu semptomlardır. Üreme çağındaki kadınlarda dismenore prevalansı %16 ile %91 arasında değişmektedir ve kadınların %2-%29'unda şiddetli ağrı görülmektedir. Primer dismenore sekonder dismenoreye göre daha yaygın olup, sekonder dismenore dismenore vakalarının yalnızca %10'unu oluşturur. Primer dismenorenin risk faktörleri düşük BMI'yı, nulliparitеyi, erken menarşı, ailede dismenore öyküsünü, sigara alışkanlığını, sedander yaşam tarzını, depresyonu, stresi, anksiyeteyi, yüksek kafein tüketimini, yetersiz çoklu doymamış yağ asitleri alımını, periyodik veya kronik ağrı sendromlarının varlığını ve otoimmün bozuklukları içermektedir. Dismenore, yaş, doğum sayısı veya canlı doğum sayısı ve oral kontrasepsiyon kullanımıyla ters orantılıdır. Kas krampları, bulantı, kusma, baş ağrısı, baş dönmesi, sinirlilik, ishal, abdominal ağrı, bel ve bacak ağrısı, güçsüzlük, uyku bozukluğu dismenoreye sıklıkla eşlik eden semptomlardır. Dismenorenin sağlığa duygusal, psikolojik ve işlevsel yönden olumsuz etkileri gösterilmiştir. Konsantrasyon ve öğrenme yeteneğinde azalmaya, akademik ve iş performansında düşüşe, okul ve iş devamsızlığına, günlük aktivitelerde kısıtlamalara, özgüven kaybına, depresyon ve anksiyete riskinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla işte ve okulda üretkenliği, ekonomiyi ve yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Bu sorunu yaşayan çoğu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kadın sağlık kuruluşlarına başvurmayıp bu sorunu etkili bir şekilde yönetememekte ve kendi kendine ilaç tedavisine başvurmaktadır. Primer dismenorenin nedenleri henüz tam olarak bilinmemekle birlikte en çok kabul gören nedenlerden biri, prostaglandinlerin sentezinin artmasıdır. Prostoglandinler uterus kasılmasını artırıp damarlarda vazokonstrüksiyona, bunun sonucunda da iskemiye sebep olarak ağrının ortaya çıkmasında ve seviyesinde rol oynarlar.

Farmakolojik ve non-farmakolojik yöntemler dismenore tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Farmakolojik yöntemler dismenore yönetiminde uygulamasının kolay olması ve hızlı sonuç alınması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Nonsteroidal anti inflamatuar ilaçlar ve hormonal kontraseptifler primer dismenore için birinci basamak tedavidir. Bununla birlikte son zamanlarda farmakolojik yöntemlere kıyasla yan etkilerinin daha az olması, kolay uygulanabilmesi ve düşük maliyetli olması nedeniyle non-farmakolojik yöntemlerin de yaygın olarak kullanılmaya başlaması dismenoresi olan ergen ve yetişkin kadınların bu yöntemler konusunda da bilgilendirilme gereksinimini ortaya koymaktadır. Non-farmakolojik yöntemlerin başlıcaları egzersiz, akupunktur, akupresur, TENS, ısı uygulaması, diyet ve vitaminlerdir. Hasta, ergen ise ailesi ve hekim arasında, tedavinin beklenen etkinliği, olası yan etkiler, kullanım kolaylığı ve hasta tercihlerini içeren ortak karar alma, başarılı tedavi ve uyumun anahtarı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Dismenore, primer dismenore, sekonder dismenore, dismenore yönetimi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

Dismenore, menstruasyon sırasında oluşan ağrı olarak tanımlanmaktadır ve üreme çağındaki kadınlarda yaygın görülen bir şikayettir (Nagy ve ark, 2023; McKenna & Fogleman, 2021). Üreme çağındaki kadınlarda dismenore prevalansı %16 ile %91 arasında değişmektedir ve kadınların %2-%29'unda şiddetli ağrı görülmektedir (Ju ve ark, 2014) . 21.573 genç kadını içeren otuz sekiz çalışmanın dahil edildiği meta-analizde dismenore prevalansı %71.1 bulunmuştur (Armour ve ark, 2019).

Dismenore, primer ve sekonder dismenore olarak sınıflandırılmaktadır. Primer dismenore, menstruasyon sırasında meydana gelen ve diğer hastalıklarla veya altta yatan patolojiyle ilişkili olmayan tekrarlayan, kramplı alt karın ağrısıdır (Nagy ve ark, 2023). Primer dismenore diğer bir deyişle pelvik patoloji olmadan ağrılı menstruasyon olarak tanımlanır (Kho & Shields, 2019). Sekonder dismenore endometriozis, myomlar, adenomyozis ve konjenital anatomik anormallikler vb. pelvik patalojiler veya enfeksiyonla ilişkili olabilir (Nagy ve ark, 2023). Bununla birlikte sekonder dismenorenin en sık saptanabilen nedeni endometriozistir (Armour ve ark, 2019). Primer dismenore sekonder dismenoreye göre daha yaygın olup, sekonder dismenore dismenore vakalarının yalnızca %10'unu oluşturur (McKenna & Fogleman, 2021).

Primer dismenore ovulasyon döngülerinin başlamasıyla, genellikle menarştan 6 ila 12 ay sonra başlar. Primer dismenore reprodüktif yaş grubunda özellikle adölesanlarda çok sık karşılaşılan bir sorundur. Döngüsel ağrı menstruasyonun başlangıcından birkaç saat sonra başlar ve genellikle 8-72 saat içinde geçer. Ağrı yaygın olarak kramp tarzında, alt abdominal veya suprapubik bölgede, orta hattadır, sırtın alt veya uylukların üst kısmına yayılabilir (Kho & Shields, 2019; MacGregor ve ark, 2023; Nagy ve ark, 2023). Bulantı, kusma, baş ağrısı, baş dönmesi, sinirlilik, ishal, güçsüzlük, uyku bozukluğu dismenoreye sıklıkla eşlik eden semptomlardır (Francavilla ve ark, 2023). Semptomlar bir döngüden diğerine tutarlı ve öngörülebilirdir (MacGregor ve ark, 2023).

Sekonder dismenorede ağrının klinik özellikleri genellikle primer dismenore ile benzerdir. (Kho & Shields, 2019). Bununla birlikte menstrüel ağrı tek taraflı olabilir ve dismenoreye ek olarak hastalarda döngüsel olmayan kronik pelvik ağrı veya döngü ortasında ağrı gelişebilir. Sekonder dismenore ile başvuran hastalar tipik olarak ileri yaştadır (MacGregor ve ark, 2023). Menarştan hemen sonra şiddetli dismenore veya giderek kötüleşen dismenore, menstruasyon sona erdikten sonra devam eden ilerleyici kötüleşme veya ağrı, anormal uterin kanama, vajinal akıntı, infertilite, ampirik tedaviye yanıtsızlık, ailede endometriozis öyküsü veya disparoni sekonder dismenore ile uyumlu semptomlardır (Nagy ve ark, 2023; Kho & Shields, 2019). Enfeksiyon belirtileri, anemi belirtileri ve anormal kanama gibi acil değerlendirme ve tedavi gerektiren belirtilerin sorgulanması önemlidir. (MacGregor ve ark, 2023).

DİSMENORENİN ETKİLERİ

Dismenore, bir kadının fiziksel, sosyal, psikolojik ve emosyonel iyilik hali üzerinde yaygın bir etkiye sahiptir ve yaşam kalitesi, kişisel ilişkiler, eğitim ve kariyer kazanımı üzerinde uzun süreli bozulmalara neden olur. Ayrıca, tedavi edilmeyen dismenore hiperaljeziye neden olabilir ve bu da kronik pelvik ağrıya yatkınlığı artırır. Dismenore şikayeti olan ergenlerin üçte biri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

gastrointestinal rahatsızlık, baş ağrısı, yorgunluk, yetersiz uyku ve depresyon/anksiyete gibi komorbiditeler bildirmektedir (MacGregor ve ark, 2023). 33 çalışmayı içeren sistematik incelemede primer dismenore ile depresyon, anksiyete ve stresli ilişkili bozukluklar arasında pozitif ilişki olduğu gösterilmiştir (Bajalan ve ark, 2018). Depresyon veya anksiyete gibi psikolojik bozukluklar, ağrının bireyin sosyal ve mesleki işlevleri üzerindeki etkisini daha da kötüleştirebilir. Ayrıca, dismenore, artan dürtüsellikle ve ergenlerde intihar dışı kendine zarar verme riskinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir (MacGregor ve ark, 2023). Dismenorenin okul performansını olumsuz etkilediği, başlıca görülen olumsuz etkilerin derslere odaklanamama, okuldan devamsızlık ve sınavları kaçırmak olduğu belirtilmektedir. Dismenoresi olan ergenler ayrıca aile ve arkadaşlarıyla gergin ilişkilerden de muzdariptir. Arkadaş grubunun duygusal destek için çok önemli olduğu bir zamanda, bu özellikle zararlı olabilir (Eryılmaz ve ark, 2010). Armour ve ark (2019) tarafından yapılan çalışmada genç kadınların %20.1'i dismenore nedeniyle okuldan veya üniversiteden devamsızlık yaptığını,%40.9'u sınıf performansının veya konsantrasyonunun olumsuz etkilendiğini, %37'si sosyal veya sportif aktiviteler vb. aktivitelerde azalma olduğunu bildirmiştir.

Dismenore, önemli olumsuz duygusal, psikolojik ve işlevsel sağlık etkileriyle ilişkilidir. Konsantrasyon ve öğrenme yeteneğinde azalmaya, akademik ve iş performansında düşüşe, kısa süreli okul ve iş devamsızlığına, günlük aktivitelerde kısıtlamalara, özgüven kaybına, depresyon ve anksiyete riskinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla işte ve okulda üretkenliği, ekonomiyi ve yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Bu sorunu yaşayan çoğu kadın sağlık kuruluşlarına başvurmayıp bu sorunu etkili bir şekilde yönetememekte ve kendi kendine ilaç tedavisine başvurmaktadır (McKenna & Fogleman, 2021; Esan ve ark, 2024; Özşahin ve ark, 2022).

PATOFİZYOLOJİ

Primer dismenorenin patofizyolojisi tam aydınlatılamamış olmakla beraber menstruasyon döneminde artan prostaglandin (PG), özellikle prostaglandin F2α (PGF2α) ve prostaglandin E2 (PGE2) salınımı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Akduman & Budur, 2016; Sharghi ve ark, 2019). Ovulasyon sonrası korpus luteumun gerilemesi progesteron seviyesinin ani düşüşüne bu da endometriumdan araşidonik asit salınımına sebep olmaktadır. Açığa çıkan araşidonik asitden siklooksijenaz (COX) enzimi ile prostoglandinler sentezlenir (MacGregor ve ark, 2023). Prostoglandinler ise sinir uçlarında hassasiyeti artırmanın yanı sıra, uterus kasılmasını artırıp damarlarda vazokonstrüksiyona, bunun sonucunda da iskemiye sebep olarak ağrının ortaya çıkmasında ve seviyesinde rol oynarlar (Ferries-Rowe ve ark, 2020). İskemi sonucu ortaya çıkan anaerobik metabolitler de sinir uçlarında duyarlanmaya neden olarak ağrı oluşumuna neden olur (Bernardi ve ark, 2017; Iacovides ve ark, 2015). PG' lerin yanı sıra inflamatuar süreçlerin, ağrının işlenme sürecindeki farklılıkların ve genetik etkenlerin de dismenorede etken olabileceği gösterilmiştir (MacGregor ve ark, 2023).

RİSK FAKTÖRLERİ

Primer dismenorenin risk faktörleri 30 yaşından küçük olmayı, düşük BMI'yı, nulliparitey, erken menarşı, ailede dismenore öyküsünü, sigara alışkanlığını, cinsel istismarı, sedander yaşam tarzını, depresyonu, stresi, anksiyeteyi, yüksek kafein tüketimini, yetersiz çoklu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

doymamış yağ asitleri alımını, periyodik veya kronik ağrı sendromlarının varlığını ve otoimmün bozuklukları içermektedir (Francavilla ve ark, 2023; McKenna & Fogleman, 2021; Nagy ve ark, 2023). Dismenore, yaş, doğum sayısı veya canlı doğum sayısı, egzersiz ve oral kontrasepsiyon kullanımıyla ters orantılıdır (Ju ve ark, 2014). Dismenoreli 404 hasta üzerinde yapılan prospektif longitudinal çalışma, kadınların çoğunda menstruasyon yılları boyunca kalıcı semptomlar mevcut olsa da doğumdan sonra şiddetinde bir miktar iyileşme meydana geldiğini bildirmiştir (Weissman ve ark, 2004).

TANI

Değerlendirme tıbbi, jinekolojik, menstruasyon, aile ve cerrahi öyküsünü içermelidir. Benzer semptomların olduğu bir aile öyküsü endometriozisi ve pelvik cerrahi öyküsü yapışıklıkları düşündürebilir (Nagy ve ark, 2023). Menstruasyon öyküsüne menarş yaşı, menstruasyon süresi, sıklığı, menstrual akış, mide bulantısı, ishal ve yorgunluk gibi ilişkili semptomlar, ağrının başlangıç zamanı, ağrının şiddeti, günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkileri dahil edilmelidir (Kho & Shields, 2019).

Primer dismenore ile uyumlu semptomlarla başvuran hastalarda pelvik muayene gerekli değildir. Cinsel olarak aktif olan hastalarda gebelik ekarte edilmelidir. Sekonder dismenore ile uyumlu semptomlar bildirilirse, pelvik muayene tamamlanmalı ve anatomik anormallikler veya diğer patolojileri değerlendirmek için ultrasonografi yapılmalıdır (McKenna & Fogleman, 2021).

TEDAVİ

Dismenore Tedavisinde Önerilen Yaklaşım
Şüpheli Primer Dismenore için Ampirik Tedavi
Nosteroid Antiinflamatuar İlaçlar • Örneğin, her 6 saatte bir 400-600 mg ibuprofen, maksimum günlük doz 2400 mg • Semptomların veya menstruasyonun başlangıcında başlanır, döngünün 2. veya 3. gününe kadar devam edilir. **Hormonal Tedavi** Östrojen-progestin kombine kontraseptifleri • Kombine oral kontraseptif hapların, vajinal halkanın veya transdermal yamanın döngüsel veya sürekli kullanımı Sadece progestin içeren ilaçlar • Levonorgestrel intrauterin araç, etonorgestrel implante edilebilir çubuk, oral progestinler (günlük 5 mg noretindrone) **Yardımcı/Ek Terapi** Egzersiz, ısı paketleri, transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu

3-6 ayda yeniden değerlendirme	
Ampirik tedaviye olumlu yanıt	**Ampirik tedaviye yetersiz yanıt**
Mevcut tedavinin devamı	**Sekonder dismenorenin değerlendirilmesi**
Primer dismenore tanısı muhtemeldir.	Tedaviye uyumun değerlendirilmesi Pelvik muayene Pelvik ultrason Jinekoloğa sevk

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kaynak: Kho & Shields, 2019

1) Farmakolojik Tedaviler

Farmakolojik yöntemler dismenore yönetiminde uygulamasının kolay olması ve hızlı sonuç alınması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Nonsteroidal anti-inflammatory ilaçlar ve hormonal kontraseptifler primer dismenore için birinci basamak tedavi olarak kabul edilmektedir (Akduman & Budur, 2016; Esan ve ark, 2024; Ferries-Rowe ve ark, 2020; McKenna & Fogleman, 2021; Özşahin ve ark, 2022).

a) Nosteroid Antiinflamatuar İlaçlar (NSAİİ): NSAİİ' ler siklooksijenaz (COX) enzimini inhibe ederek Prostoglandin (PG) üretimini azaltır ve bu şekilde ağrıyı engellerler. Aynı zamanda Santral Sinir Sistemi (SSS) üzerinde de ağrıyı inhibe edici etkiye sahiptir. NSAİİ' lerin, dismenorede plasebo ve parasetamoldan daha etkili olduğu gösterilmiştir (Marjoribanks ve ark, 2010). NSAİİ' lerden fenilpropiyonik asit genellikle ilk olarak, fenamat ise ikinci olarak tercih edilen ajanlardır (Akduman & Budur, 2016)

NSAİİ' lerin baş ağrısı, baş dönmesi, uyku hali, bulantı, hazımsızlık gibi yan etkileri bulunmakla birlikte bu yan etkiler genç hastalarda iyi tolere edilmektedir. NSAİİ' lerin gastrointestinal yan etkilerinin yanında kardiyovasküler, renal, hematolojik sistem başta olmak üzere tüm sistemler üzerinde yan etkileri olduğu bilinmektedir (Göktürk, 2017). Nonsteroidal anti-inflammatory ilaçlar farmakolojik tedavilerin ilk basamağı olarak önerilmekle birlikte uzun süreli NSAİİ alımının kardiyovasküler hastalık görülme riskini artırdığı yönünde ikna edici kanıtlar bulunmaktadır (Li ve ark, 2024). Bu nedenle uzun süreli kullanımda bu yan etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. COX 2 inhibisyonu yapan NSAİİ' ler ise ovulasyonu da geciktirme veya önleme etkisine sahiptirler ve bu etkileri nedeniyle infertil hastalarda önerilmezler (Norman & Wu, 2004).

b) Hormonal Kontraseptifler: Hormonal tedavilerin ağır menstruasyon kanaması, menstruasyon öncesi ruh hali, akne veya hirsutizm ve kemik mineral yoğunluğunun iyileştirilmesi ve endometriyal, over ve kolorektal kanser riskinin azalması gibi ikincil faydaları olabilir (Nagy ve ark, 2023).

Östrojen-Progestin İçeren Hormonal Kontraseptifler: Ovulasyonu baskılayarak ve endometriumda incelme yaparak etkilerini gösterirler. Endometriumda incelme sonucu PG oluşumu, kanama miktarı ve uterus kasılması azalır (Harada ve ark, 2011; Wong ve ark, 2009). Bu etkileri sayesinde kontraseptif ihtiyacının da olduğu durumlarda tercih edilebilirler. Ancak bu kontraseptifler içerdiği östrojen nedeniyle; baş ağrısı, bulantı, progesteron nedeniyle; kilo artışı, depresyon, akne gibi yan etkilerle birlikte venöz tromboembolizm gibi ciddi yan etkilere de sebep olabilmektedir (Wong ve ark, 2009).

Sadece Progesteron İçeren İlaçlar: Progesteron, endometriyal atrofiyi uyararak etki gösterir. Hormonal kontraseptif kullanımının kontrendike olduğu hastalarda tedavi alternatifi olabilir (Akduman & Budur, 2016). Levonorgestrel intrauterin aracın dismenoreyi azalttığı bildirilmiş olup kontraseptif ihtiyacı da olan dismenoreik hastalarda tercih edilebilmektedir (Bahamondes ve ark, 2007).

c) Tokolitikler: Dismenore tedavisinde etkinlikleri olmakla birlikte yan etkileri nedeniyle kullanımları sınırlıdır (Akduman & Budur, 2016).

2) Non-Farmakolojik Tedavi (Alternatif Tedaviler)

Son zamanlarda farmakolojik yöntemlere kıyasla yan etkilerinin daha az olması, kolay uygulanabilmesi ve düşük maliyetli olması nedeniyle non-farmakolojik yöntemlerin de yaygın olarak kullanılmaya başlaması dismenoresi olan ergen ve yetişkin kadınların bu yöntemler konusunda da bilgilendirilme gereksinimini ortaya koymaktadır. Non-farmakolojik yöntemlerin başlıcaları egzersiz, akupunktur, akupresur, TENS, ısı uygulaması, diyet ve vitaminlerdir (Akduman & Budur, 2016; Esan ve ark, 2024; Ferries-Rowe ve ark, 2020; McKenna & Fogleman, 2021; Özşahin ve ark, 2022).

a) Akupunktur: Dismenoredeki etkinliği kanıtlanmış olup medikal tedaviyi istemeyen hastalar için bir alternatiftir. Östradiol miktarını artırarak etki gösterir (Abaraogu & Tabansi-Ochuogu, 2015).

b) Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimulasyonu (TENS): Cilde yapıştırılan elektrotlar aracılığıyla derideki yüzeyel sinir uçlarının elektriksel olarak uyarılmasına dayanan bir yöntemdir. Medikal tedaviye dirençli hastalarda tercih edilebilir (Akduman & Budur, 2016).

c) Isı Uygulaması: Dismenorede ısı uygulamasının ibuprofen kadar etkili olmasıyla birlikte asetaminofenden daha etkili olduğu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Akin ve ark, 2001; Akin ve ark, 2004).

d) Egzersiz: Cochrane incelemesi (2019), yoğunluktan bağımsız olarak haftada üç kez veya daha fazla, her seferinde yaklaşık 45 ila 60 dakika süreyle yapılan egzersizin menstrual ağrı yoğunluğunda klinik olarak anlamlı bir azalma sağlayabileceğini göstermektedir (Armour ve ark, 2019).

d) Vitaminler: Yapılan çalışmalar vitaminlerin anti-inflamatuar, antioksidan ve analjezik özelliklerini desteklemektedir. D, E, B1, B6 vitamini ve balık yağının da dismenorede ağrının azaltılmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Matsas ve ark, 2023; Ziaei, 2001; Ziaei, 2005; Proctor & Murpy, 2001).

e) Beslenme Alışkanlıkları: Karında kramplara neden olan yiyeceklerden kaçınma, sebze ağırlıklı ve yağdan fakir beslenme tarzı, araşidonik asitten fakir beslenme, süt ve süt ürünlerinin azaltılması, tuz ve şeker tüketiminin azaltılması ve lifli gıda tüketiminin artırılmasının menstruasyon ağrısını azaltmada etkili oldukları belirtilmiştir (Barnard ve ark, 2000; Hudson, 2007)

f) Masaj, aromaterapi, akupresör, Spinal Manüplasyon Terapisi gibi yöntemler de menstrüel ağrıda etkinliği gösterilmiş tamamlayıcı tedaviler arasındadır. Masaj dismenore üzerindeki etkisini kan akımını artırarak, kaslarda gevşeme yaparak ve endorfin salınımını artırarak gösterir (Apay ve ark, 2012). Dismenore de etkinliği gösterilmiş aromaterapi yöntemlerinden bir diğeri ise menstruasyondan bir hafta önce başlayıp adaçayı, gül yağı ve lavantadan oluşan yağ karışımı ile masaj yapılmasıdır (Kim ve ark, 2005). Akupresör; alt bacaktaki medial malleol üzerindeki bir noktaya bası yapılarak ağrının azaltılmasına dayanan bir yöntemdir (Potur &

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kömürcü, 2013). Spinal Manüplasyon Terapisi ise lumbosakral bölgeye bası yapılarak ağrı duyusunun algılanmasını azaltmaya dayanan bir yöntemdir (Holtzman ve ark, 2008).

Bunların yanı sıra meditasyon, derin nefes alma, yoga da dismenore üzerinde etkili olabilen ancak daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan yöntemler arasındadır (Potur & Kömürcü, 2013).

Li ve ark. (2024) primer dismenoreyi tedavi etmede çeşitli non farmakolojik müdahalelerin faydalarını değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmada sistematik inceleme sonuçları egzersiz, bitki, akupunktur, aromaterapi, transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), topikal ısı, akupresür ve yoga müdahalesinin plaseboya veya tedavi olmamasına kıyasla menstrual ağrının azaltılmasında olumlu etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Aynı çalışmada ağ meta analizi sonuçları egzersiz, akupunktur ve topikal ısının ağrı yoğunluğunu azalttığını göstermiştir. Boztaş Elverişli ve arkadaşları (2023) primer dismenoresi olan kadınlarda farmakolojik ve non-farmakolojik tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak ve en etkili tedavi yöntemini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada non-farmakolojik yöntemlerin (motor imgeleme odaklı pelvik taban egzersizi ve akupresürün) farmakolojik yöntemler (naproxen sodium ve mikronize saflaştırılmış flavonoid fraksiyonu) kadar etkili olduğunu ve bu yöntemlerden en etkili olanının motor imgeleme odaklı pelvik taban egzersizi olduğu sonucuna varmıştır.

Sağlık hizmeti sağlayıcılarının hastaların deneyimlerini doğrulaması, uygun tetkikleri seçmesi, tanıyı zamanında teyit etmesi ve kanıta dayalı tedavi seçenekleri sunması önemlidir (MacGregor ve ark, 2023). Hasta, ergen ise ailesi ve hekim arasında, tedavinin beklenen etkinliği, olası yan etkiler, kullanım kolaylığı ve hasta tercihlerini içeren ortak karar alma, başarılı tedavi ve uyumun anahtarı olacaktır (Ferries-Rowe ve ark, 2020). Daha geniş bir tedavi seçeneği sunmak için faydalı, kolay uygulanabilir, maliyeti düşük, güvenli yeni alternatifler araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Barnard ND, Scialli AR, Hurlock D, Bertron P. Diet and sex-hormone binding globulin, dysmenorrhea, and premenstrual symptoms. Obstet Gynecol 2000; 95:245-250.
2. Abaraogu UO, Tabansi-Ochuogu CS. As acupressure decreases pain, acupuncture may improve some aspects of quality of life for women with primary dysmenorrhea: a systematic review with meta-analysis. J Acupunct Meridian Stud. 2015;8(5):220–8
3. Akduman A.T., Budur O.Ç. (2016). Primer Dismenorede Tedavi Yaklaşımları. Anatolian Clinic, 21(3): 235-240
4. Akin M, Price W, Rodriguez G Jr, Erasala G, Hurley G, Smith RP. Continuous, low-level, topical heat wrap therapy as compared to acetaminophen for primary dysmenorrhea. J Reprod Med. 2004;49(9):739–45
5. Akin MD, Weingand KW, Hengehold DA, Goodale MB, Hinkle RT, Smith RP. Continuous low-level topical heat in the treatment of dysmenorrhea. Obstet Gynecol. 2001;97(3):343–9.
6. Armour M, Parry K, Manohar N, Holmes K, Ferfolja T, Curry C, MacMillan F, Smith CA. The Prevalence and Academic Impact of Dysmenorrhea in 21,573 Young Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Womens Health (Larchmt). 2019 Aug;28(8):1161-1171. doi: 10.1089/jwh.2018.7615.
7. Apay SE, Arslan S, Akpinar RE, Celebioglu A. Effect of aromatherapy massage on dysmenorrhea in Turkish students. Pain Manag Nurs 2012; 13:236-240
8. Bahamondes L, Petta CA, Fernandes A, Monteiro I. Use of the levonorgestrel-releasing intrauterine system in women with endometriosis, chronic pelvic pain and dysmenorrhea. Contraception. 2007;75(6 Suppl):S134–9.
9. Bajalan, Z., Moafi, F., MoradiBaglooei, M., & Alimoradi, Z. (2018). Mental health and primary dysmenorrhea: a systematic review. Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology, 40(3), 185–194. https://doi.org/10.1080/0167482X.2018.1470619
10. Bernardi M, Lazzeri L, Perelli F, Reis FM, Petraglia F. Dysmenorrhea and related disorders. F1000Res. 2017 Sep 5;6:1645. doi: 10.12688/f1000research.11682.1.
11. Boztaş Elverişli G, Armağan N, Atilgan E. Comparison of the efficacy of pharmacological and nonpharmacological treatments in women with primary dysmenorrhea: randomized controlled parallel-group study. Ginekol Pol. 2023;94(9):687-697. Doi: 10.5603/GP.a2022.0009
12. Eryilmaz G, Ozdemir F, Pasinlioglu T. Dysmenorrhea prevalence among adolescents in eastern Turkey: its effects on school performance and relationships with family and friends. J Pediatr Adolesc Gynecol. 2010 Oct;23(5):267-72. doi: 10.1016/j.jpag.2010.02.009. Epub 2010 May 21. PMID: 20493741.
13. Esan, D. T., Ariyo, S. A., Akinlolu, E. F., Akingbade, O., Olabisi, O. I., Olawade, D. B., ... & Ogunfowokan, A. A. (2024). Prevalence of dysmenorrhea and its effect on the quality of life of female undergraduate students in Nigeria. Journal of Endometriosis and Uterine Disorders, 5, 100059.

14. Ferries-Rowe E, Corey E, Archer JS. Primer Dismenore: Tanı ve Tedavi. Obstet Gynecol . 2020;136(5):1047–1058.
15. Francavilla, R., Petraroli, M., Messina, G., Stanyevic, B., Bellani, A. M., Esposito, S. M., & Street, M. E. (2023). Dysmenorrhea: Epidemiology, Causes and Current State of the Art for Treatment. Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology, 50(12), 274.
16. Göktürk, H. S. (2017). Non-steroidal anti-inflamatuvar ilaçlar, endikasyon, kontrendikasyon, endikasyonsuz kullanım, komplikasyonları önlemek için ne yapmalı. Güncel gastroenteroloji, 21(1), 31-37.
17. Harada T, Momoeda M, Terakawa N, Taketani Y, Hoshiai H. Evaluation of a low-dose oral contraceptive pill for primary dysmenorrhea: a placebo-controlled, double-blind, randomized trial. Fertil Steril. 2011;95(6):1928–31.
18. Hudson T. Using nutrition to relieve primary dysmenorrhea. Alternative and Complementary Therapie 2007;13:125-128.
19. Iacovides S, Avidon I, Baker FC. What we know about primary dysmenorrhea today: a critical review. Hum Reprod Update. 2015 Nov-Dec;21(6):762-78. doi: 10.1093/humupd/dmv039.
20. Ju H, Jones M, Mishra G. The prevalence and risk factors of dysmenorrhea. Epidemiol Rev. 2014;36:104-13.
21. Kho, K. A., & Shields, J. K. (2020). Diagnosis and management of primary dysmenorrhea. Jama, 323(3), 268-269.
22. Kim JS, Yo YJ, Hwang SK. The effects of abdominal meridian massage on menstrual cramps and dysmenorrhea in full-time employed women. Taehan Kanho Hakhoe Chi 2005; 35:1325-1332.
23. Li, X., Hao, X., Liu, J. H., & Huang, J. P. (2024). Efficacy of non-pharmacological interventions for primary dysmenorrhoea: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. BMJ Evidence-Based Medicine, 29(3), 162-170. https://doi.org/10.1136/bmjebm-2023-112434
24. MacGregor, B., Allaire, C., Bedaiwy, M. A., Yong, P. J., & Bougie, O. (2023). Disease burden of dysmenorrhea: Impact on life course potential. International journal of women's health, 499-509.
25. McKenna, K. A., & Fogleman, C. D. (2021). Dysmenorrhea. American family physician, 104(2), 164-170).
26. Marjoribanks J, Proctor M, Farquhar C, Derks RS. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for dysmenorrhoea. Cochrane Database Syst Rev. 2010 Jan 20;(1):CD001751. doi: 10.1002/14651858.CD001751.pub2.
27. Matsas, A., Sachinidis, A., Lamprinou, M., Stamoula, E., & Christopoulos, P. (2023). Vitamin Effects in Primary Dysmenorrhea. Life, 13(6), 1308. https://doi.org/10.3390/life13061308
28. Nagy, H., Carlson, K., & Khan, M. A. (2023). In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
29. Norman RJ, Wu R. The potential danger of COX-2 inhibitors. Fertil Steril. 2004;81(3):493–4.
30. Özşahin, Z., Santur, S. G., & Ay, Ç. K. (2022). Dismenore şiddeti, sıklığı ve yönetiminde tercih edilen nonfarmakolojik yöntemlerin belirlenmesi. Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care, 16(1), 171-178.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

31. Potur, D. C., & Kömürcü, N. (2013). Dismenore yönetiminde tamamlayıcı tedaviler. Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi, 10(1), 8-13.
32. Proctor ML, Murphy PA. Herbal and dietary therapies for primary and secondary dysmenorrhoea. Cochrane Database Syst Rev. 2001;(3):CD002124 [update in Cochrane Database Syst Rev 2016;3:CD002124].
33. Sharghi, M., Mansurkhani, S. M., Larky, D. A., Kooti, W., Niksefat, M., Firoozbakht, M., ... & Jouybari, L. (2019). An update and systematic review on the treatment of primary dysmenorrhea. JBRA assisted reproduction, 23(1), 51.
34. Weissman AM, Hartz AJ, Hansen MD, et al. The natural history of primary dysmenorrhoea: a longitudinal study. BJOG. 2004;111(4):345-352.
35. Wong CL, Farquhar C, Roberts H, Proctor M. Oral contraceptive pill for primary dysmenorrhoea. Cochrane Database Syst Rev. 2009;(4):CD002120.
36. Ziaei S, Faghihzadeh S, Sohrabvand F, Lamyian M, Emamgholy T. A randomised placebo-controlled trial to determine the effect of vitamin E in treatment of primary dysmenorrhoea. BJOG. 2001;108(11):1181–3.
37. Ziaei S, Zakeri M, Kazemnejad A. A randomised controlled trial of vitamin E in the treatment of primary dysmenorrhoea. BJOG. 2005;112(4):466–9.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇOCUKLUK ÇAĞINDAKİ EPİLEPSİ YÖNETİMİNDE PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Arş. Gör. Sinem BAŞDEMİR
İzmir Bakırçay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü,
sinem.basdemir@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8401-1625

Doç. Dr. Şeyda BİNAY YAZ
İzmir Bakırçay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü,
seyda.binay@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6410-6240

Doç. Dr. İlknur BEKTAŞ
İzmir Bakırçay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü,
ilknur.bektas@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8048-9501

ÖZET

Epilepsi, çocukluk çağında görülen en yaygın nörolojik bozukluklardan biridir. Pediatrik epileptik nöbet yönetimi ve mevcut tedavisi; sağlık sonuçlarını iyileştirmede, çocukların ve ebeveynlerinin yaşam kalitesini artırmada, eğitim, sosyal ve psikolojik sorunları yönetmede etkilidir. Epilepsi yönetiminde, epilepsi hastalığı olan çocuk ve ailesi ile çalışan pediatri hemşirelerine; eğitici, savunucu, karar verici, danışmanlık rolleri doğrultusunda önemli sorumluluklar düşmektedir. Pediatri hemşirelerinin klinik bakımda epilepsiye özgü hemşirelik bakımı, nöbet yönetimi, tedaviye uyum, psikososyal destek gibi konularda çocuk ve ebeveynleri bilgilendirme, cesaret ve anlayış sağlama yoluyla bütüncül bakım sağlamak gibi önemli rolleri vardır. Ayrıca pediatri hemşireleri, epilepsinin ve nöbetlerin hastane dışında yönetiminde de önemli rol oynarlar. Bu doğrultuda literatür incelemesinde, epilepsi hastalığı olan çocukların hastalık yönetiminde pediatri hemşiresinin rolleri ve hemşirelik yaklaşımının önemini vurgulamak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Çocuk, Epilepsi, Hemşirelik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE ROLE OF THE PEDIATRIC NURSE IN THE MANAGEMENT OF CHILDHOOD EPILEPSY

Research Assistant Sinem BAŞDEMİR
Izmir Bakırcay University Faculty of Health Science Nursing Department,
sinem.basdemir@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8401-1625

Associate Professor Şeyda BİNAY YAZ
Izmir Bakırcay University Faculty of Health Science Nursing Department,
seyda.binay@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6410-6240

Associate Professor İlknur BEKTAŞ
Izmir Bakırcay University Faculty of Health Science Nursing Department,
ilknur.bektas@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8048-9501

ABSTRACT

Epilepsy is one of the most common neurological disorders in childhood. Pediatric epileptic seizure management and current treatment are effective in improving health outcomes, increasing the quality of life of children and their parents, and managing educational, social, and psychological problems. Pediatric nurses who work with children with epilepsy and their families have important responsibilities in terms of their roles as educators, advocates, decision-makers, and consultants in epilepsy management. Pediatric nurses have important roles in clinical care such as providing holistic care by informing children and parents about issues such as epilepsy-specific nursing care, seizure management, treatment compliance, and psychosocial support. Pediatric nurses also play an important role in the management of epilepsy and seizures outside the hospital. In this context, the literature review aims to emphasize the roles of pediatric nurses and the importance of the nursing approach in the disease management of children with epilepsy.

Key word : Child, Epilepsy, Nursing

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Epilepsi, çocukluk çağında görülen en yaygın nörolojik bozukluklardan biridir. Pediatrik epileptik nöbet yönetimi ve mevcut tedavisi, sağlık sonuçlarını iyileştirmektedir. Bunun yanı sıra pediatrik hastaların ve ebeveynlerinin yaşam kalitesini artırmada, eğitim, sosyal ve psikolojik sorunları yönetmede etkilidir. Bu doğrultuda, birçok ülkede, bu hizmetlerin temel bir bileşenini oluşturan pediatrik epilepsi hemşireliği, toplum temelli epilepsi hemşireliği, nörobilim hemşireliği, epilepsi uzmanı hemşire gibi rol tanımlamalarına gidilmiş olup özel uzmanlık alanı içeren bir hizmet geliştirilmiştir (Hutchinson vd., 2023; Institute of Medicine, 2012; Locatelli vd. 2021; Mammas ve Spandidos, 2020; NICE Guideline, 2017). Epilepsili çocukların bakımına önemli bir katkı sağlayan pediatrik epilepsi hemşireliğinin misyonu, epilepsili çocukların ve ailelerinin mümkün olduğunca normal bir hayat yaşamasını sağlamak, çocuğa bakım veren herkesin çocuğun epilepsisi konusunda eğitimini sağlamak, çocuğun güvenliğini sağlamak ve topluma entegrasyonunu teşvik etmektir (Mammas ve Spandidos, 2020). Pediatrik epilepsi uzman hemşireleri, epilepsili çocuklar ve gençler için uzman bakım ve yönetim sağlar. National Institue for Health and Care Excellence (NICE) yönergelerine göre; epilepsili tüm çocukların ve gençlerim bir epilepsi uzman hemşiresine erişebilmesi gerekmektedir (NICE Guideline, 2017). Pediatrik epilepsi uzman hemşirelerine erişim acil pediatrik epilepsi yatışlarında azalma, epilepsili çocuklar ve gençleri için bilgi, öz bakım ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, kurumlar arasında bakımın sürekliliğini destekler. Ayrıca hem uzun vadede hem de bakımın ilk yılında maliyet tasarrufu sağladığı bildirilmiştir (NICE Guideline, 2017). Epilepsinin hemşirelik alanında bir uzmanlık alanı olarak yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Pediatrik epilepsi hemşireliği, henüz Türkiye'de uzmanlık alanı olarak bulunmamaktadır.

2. ÇOCUKLUK ÇAĞINDAKİ EPİLEPSİ YÖNETİMİNDE PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMI

Epilepsi yönetiminde pediatri hemşireleri, hasta çocuk ve ailesi için çocuk ve aile merkezli, ayrıca bütüncül bakımı teşvik etmede öncüdür. Bu süreçte epilepsi hastalığı olan çocuk ve ailesi ile çalışan pediatri hemşirelerine eğitici, savunucu, karar verici, danışmanlık rolleri doğrultusunda önemli sorumluluklar düşmektedir. Pediatri hemşirelerinin klinik bakımda antiepileptik ilaç kullanımı, ilaçların etkileri, yan etkileri ve nöbet yönetimi için dikkat edilmesi gereken hususlara ilişkin çocuk ve ebeveynleri bilgilendirme, çocukların ilaca uyumunu izleme, epilepsiye özgü hemşirelik bakımı ve bireysel sağlık gereksinimlerine yönelik destek sağlama, psikososyal refahı desteklemek için çocuk ve ailelerine cesaret ve anlayış sağlamak, bütüncül bakım ve bakımın koordinasyonunu sağlamak için kişileri kuruluşlara ve farklı uzmanlara yönlendirmek gibi rolleri vardır. Ayrıca bakımı, hastane birimlerinin ve kliniklerin ötesine taşımada, okul döneminde epilepsinin ve nöbetlerin yönetiminde önemli rol oynarlar. Bu doğrultuda hemşirelik yaklaşımları, çocuğun okul öncesinden okula geçiş sürecinin iyi yönetilebilmesi için epilepsinin genel yönleri, nöbet yönetimi, öğrenme/davranış üzerindeki etkileri konusunda ebeveynlere eğitim ve bilgi sağlama, terapötik desteklere erişimde profesyonel destek sağlama, çocukların ihtiyaçları konusunda okul ve okul personeli ile tıbbi/terapötik profesyoneller arasında iletişimi sağlama, okul personeline epileptik nöbet

yönetimi konusunda eğitim ve rehberlik sağlama, çocukların öğrenmesi, davranışı ve duygularıyla ilgili olarak değerlendirme ve terapötik destek sağlamak olarak sıralanabilir (Johnson vd.,2021).

Çocukluk çağı epilepsi yönetiminde pediatri hemşiresinin rolü bütüncül bakım ilkesine dayanır. Yaşam tarzı ve psikososyal sorunları içeren kapsamlı bir değerlendirme ve bakım sürecinin parçası olarak hastanın hayatının tüm yönlerini dikkate alır. Tanı ve tedaviye yardımcı olur. Klinik, sosyal ve güvenlik yönleriyle ilgili bilgi, eğitim ve destek sağlar (Locatelli vd., 2021; Malky vd., 2016). Epilepsili çocuk ve ergenlerin bakım verenlerine yönelik eğitim süreçlerinin, bireyin, ailenin, sosyal ve kültürel çevrenin özel gereksinimleri dikkate alınarak oluşturulması gerekir. Verilen eğitimler, hastalara ve bakım verenlere epilepsiyi başarılı bir şekilde yönetebilmeleri için destek sağlar. Özerkliklerini ve kendi kendilerini yönetmelerini kolaylaştırarak epilepsili çocuklara ve ebeveynlerine güç verir, yaşam kalitelerini yükseltir. Multidisipliner bir ekip ile hastaları yaşamları boyunca takip ederek birincil ve ikincil bakım, hastane ve ev, okul veya iş ve sağlık sağlayıcıları arasında bağlantı görevi görerek bakımın sürekliliğini sağlar (Campiño-Valderrama vd., 2024; Locatelli vd., 2021). Pediatri hemşireleri liderlik becerilerine sahiptir ve hizmetleri, politikaları ve yönergeleri gözden geçirerek ve bunlarda iyileştirmeler önererek ve yeni standartlar geliştirerek örgütsel bir etki yaratabilirler. Bunun için hizmet içi eğitim, kurs, sempozyum ve kongrelere katılarak bilgilerini sürekli güncelleyerek geliştirir. Kanıta dayalı uygulamaları bakımda kullanır, meslektaşları arasında yayılmasına katkıda bulunur ve araştırma projelerine katılır (Ünalp vd., 2020; Locatelli vd., 2021).

2.1. Epilepsili Çocuklar için Pediatrik Bakımdan Yetişkin Bakıma Geçişte Pediatri Hemşiresinin Rolü

Pediatrik bakımdan yetişkin bakıma geçişte kesintisiz ve yeterli bakım sağlanmalıdır. İyi tasarlanmış, multidisipliner geçiş programları yalnızca nöbet kontrolünü değil aynı zamanda epilepsiyle sıklıkla birlikte görülen psikososyal sorunları da ele almalıdır. Geçiş erken başlamalı, engellilik düzeyine göre uyarlanmalıdır. Geçiş kavramı 12-15 yaşlarında tanıtılmalıdır. Hastaların özbakım ve karar verme becerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Uygun bir geçiş için çocukların ve ebeveynlerin fiziksel ve psikolojik hazırlığı son derece önemlidir. Bunun için 16-17 yaşlarında gençlerin ve ebeveynlere epilepsi geçiş hazırlığı kontrol listeleri uygulanarak geçişe hazırlıkları değerlendirmelidir. (Andrade et al., 2017; Kızıler ve Yıldız, 2024). NICE yönergesinde yer alan standartlara göre; epilepsisi olan tüm çocuklarda eş zamanlı olarak koşullar da dikkate alınarak geçişi başlatmak ve planlamaktan sorumlu belirlenmiş bir çalışan bulunmalıdır. Bu sorumlu pediatri hemşiresi olabilir. Geçişte çocukların psikolojik durum, bilişsel yetenekler, olgunluk, sosyal ve kişisel koşullar, uzun vadeli koşullardaki ihtiyaçları, bakım sorumlulukları, iletişim ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır (NICE Guuideline, 2017). Epilepsili adölesanlarda başarısız geçiş için risk faktörleri (tedaviye uyumda zorlanma, araba kullanma, nöbetler, gebelik riski, depresyon, anksiyete vb.) belirlenmeli ve ele alınmalıdır. Epilepsi tanısı yeniden değerlendirilmesi için gerekli yönlendirmeler yapılmalıdır. Pediatri taburcu paketi 17-18 yaşlarında hazırlanmalıdır. Bu paket geçiş hazırlığı anketleri, psikososyal tarama sonuçları, epilepsi öykü formu, nöbet acil

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

durum planı, bakım hedefleri, yönlendirme listesi, topluluk, sosyal ve finansal destek için gerekli yönlendirmeleri sağlayan belgeleri içermelidir. Pediatrik sağlık hizmetlerinden yetişkin sağlık hizmetlerine geçiş, epilepsili hastalar için zorlu bir süreçtir. Ancak multidisipliner bir ekiple sağlanan geçiş programları, epilepsili ergenlerdeki birçok sorunu yönetmede etkili olabilir (Andrade vd., 2017).

3. SONUÇ

Pediatri hemşireleri epilepsili çocuklar, gençler ve bakım verenleri ile en sık karşılaşan sağlık profesyoneli olduğundan bireyin, ailesinin, sosyal ve kültürel çevresinin özel ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak epilepsi yönetimi konusunda eğitim süreçleri oluşturması oldukça önemlidir. Çocuklara bakım veren, eğitim sisteminde etkin rolü olan herkesi hastalık ve dikkat edilmesi gerekenler konusunda bilgilendirerek anlayış, destek ve empati gerektiren durumların da farkında olarak sosyal damgalanma duygularını aşmalarına destek olunmalıdır. Böylece, bireysel eğitim programları ve eğitimler sayesinde hem hastalar hem de bakım verenlerin epilepsi yönetimindeki becerileri arttırılarak yaşam kalitesi, öz yeterlilik duyguları hissetmeleri sağlanabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

Andrade, D. M., Bassett, A. S., Bercovici, E., Borlot, F., Bui, E., Camfield, P., ... & Carter Snead III, O. Epilepsy: transition from pediatric to adult care. Recommendations of the Ontario epilepsy implementation task force. Epilepsia 58.9 (2017). 1502-1517.

Aycan Ünalp., et al. "Nursing Approaches in Pediatric Epilepsy and Ketogenic Diet Treatment". EC Paediatrics 9.8 (2020): 110-115.

Campiño-Valderrama, Sandra Milena, Paula Andrea Duque, and Yeison Alberto Garcés-Gómez. "Nursing education strategy for caregivers of children and adolescents with epilepsy." Epilepsy & Behavior 161 (2024): 110035.

Epilepsies in children, young people and adults (NICE Guideline NG217) [Internet]. April 2022 [cited 2024 December 29]. Available from: https://www.nice.org.uk/guidance/ng217/chapter/11-Service-provision-and-transition

Hutchinson K, Ryder T, Coleman H, et al. Determining the role and responsibilities of the community epilepsy nurse in the management of epilepsy. J Clin Nurs. 2023;32(13-14):3730-3745. doi:10.1111/jocn.16582

IOM (Institute of Medicine). *Epilepsy across the spectrum: Promoting health and understanding.* Washington, DC: The National Academies Press. 2012. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK100592/

Johnson, Emma C., et al. "Epilepsy in schools: Views on educational and therapeutic provision, understanding of epilepsy and seizure management." Epilepsy & Behavior 122 (2021): 108179.

Locatelli, G., Ausili, D., Stubbings, V., Di Mauro, S., & Luciani, M. "The epilepsy specialist nurse: A mixed-methods case study on the role and activities." Seizure 85 (2021): 57-63.

Mammas, Ioannis N., and Demetrios A. Spandidos. "[Opinion] The challenge of paediatric epilepsy nursing: An interview with Mrs. Jenny O'Brien, paediatric epilepsy nursing specialist at the Wirral University Teaching Hospital, UK." Experimental and Therapeutic Medicine 20.6 (2020): 1-1.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARINDA ÇOCUK SAĞLIĞI VE PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Arş. Gör. Sinem BAŞDEMİR
İzmir Bakırçay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü,
sinem.basdemir@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8401-1625

Öğr. Gör. Emine ÇUBUKCU
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Hastanesi,
eminacubukcu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-8992-6157

Prof. Dr. Hatice BAL YILMAZ
Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi,
hatice.bal.yilmaz@ege.edu..tr - ORCID ID: 0000-0001-8015-6379

ÖZET

İklim değişikliği, uzun vadede insan sağlığını tehdit eden en önemli küresel problemlerden biridir. İklim değişikliğinin çocuk ve yetişkinde solunum, sinir ve bağışıklık başta olmak üzere birçok sistem üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Günümüzde, iklim krizinin etkileri açısından yaklaşık bir milyon çocuk çok yüksek riskli gruptadır. Çocuklar, özellikle gelişim dönemlerinde olduklarından iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmektedirler. İklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan iklim krizinin çok geç olmadan ele alınması büyük önem arz etmektedir. Sağlık ekibi içinde pediatri hemşireleri, iklim değişikliğinin çocuk sağlığı üzerine etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmak adına önemli katkı sağlayabilirler. Bu literatür incelemesinde, küresel iklim değişikliğinin çocuk sağlığına etkileri ve pediatri hemşiresinin rolünü incelemek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Sağlığı, İklim Değişikliği, Hemşirelik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE ROLE OF CHILD HEALTH AND PEDIATRIC NURSE IN CHANGING CLIMATE CONDITIONS

Research Assistant Sinem BAŞDEMIR
Izmir Bakırcay University Faculty of Health Science Nursing Department,
sinem.basdemir@bakircay.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8401-1625

Lecturer Emine CUBUKCU
Hatay Mustafa Kemal University Hospital,
eminacubukcu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-8992-6157

Professor Doctor Hatice BAL YILMAZ
Ege University Nursing Faculty,
hatice.bal.yilmaz@ege.edu..tr - ORCID ID: 0000-0001-8015-6379

ABSTRACT

Climate change is one of the most important global problems that threaten human health in the long term. Climate change seriously affects many systems, especially respiratory, nervous and immune systems in children and adults. Today, approximately one million children are in a very high-risk group in terms of the effects of the climate crisis. Climate change particularly affects children because they are in their developmental period. It is of great importance to address the climate crisis that has emerged due to climate change before it is too late. Pediatric nurses within the health team can make significant contributions to reducing and eliminating the effects of climate change on children's health. This literature review aims to examine the effects of global climate change on children's health and the role of the pediatric nurse.

Key words: Child Health, Climate Change, Nursing

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARI

İklim değişikliği insanların doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu, insanlık için en büyük sağlık tehdidi olarak kabul edilmektedir (Rousell ve Cutter-Mackenzie-Knowles 2020). Küresel iklim krizinde en az sorumluluğa sahip olan çocuklar iklim değişikliğinin sonuçlarına karşı en savunmasız olanlardır (Squires vd, 2024). Dünya çapındaki çocukların büyük çoğunluğu iklim ve çevre değişikliği nedeniyle sağlık açısından çeşitli risklere maruz kalmaktadır (Helldén vd. 2023, Royal College of Paediatrics and Child Health 2023). Fosil yakıtların sıklıkla enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu, yerkürenin zamanla ısınmasından en çok sorumlu tutulan sera gazı açığa çıkmaktadır. Atmosferdeki bu değişimler sebebiyle 2°C'nin üstünde bir ısı artışının, dünya iklimi ve ekosistemlerde geri dönüşü olmayan değişikliklere neden olmada kritik bir sıcaklık olacağı öngörülmektedir (Salvador Costa vd., 2022; Burch vd., 2022). Hava sıcaklıklarındaki artış, orman yangınları, yükselen deniz seviyeleri, su baskınları, artan karbondioksit sonucu oluşan iklim değişiklikleri gibi olağandışı doğa olayları, doğrudan ya da dolaylı olarak insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Çocuklar; yaş, bulundukları gelişim dönemi, sağlık durumu, sosyoekonomik durum gibi faktörler nedeniyle iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmektedir. Çocukların gelişim dönemlerine göre değişen fizyolojileri, baş etme yetenekleri ve medyada artan iklim değişikliği haberleri çocuklarda kaygı görülmesine neden olmaktadır. Sıcaklık artışı, güvenli içme suyu, gıda ve barınağa erişimdeki yetersizlikler, biyoçeşitlilikte azalma, sıcak hava dalgaları gibi olağandışı iklim olayları; solunum sistem hastalıkları (alerjik rinit, astım), vektör kaynaklı enfeksiyon hastalıkları, göç, kuraklık ve tüm bunların sonucunda kaygı, travma vb. ruh sağlığı sorunları gibi çocukları doğrudan etkileyen problemlerin oluşmasına neden olmaktadır (Anderko vd., 2022; Dos Santos vd., 2023; Royal College of Paediatrics and Child Health 2023; Squires vd, 2024). Günümüzde yaklaşık bir milyar çocuk iklim değişikliğinin sonuçları açısından 'son derece yüksek risk' altındadır. Bu nedenle, iklim değişikliği kararlarının merkezinde çocuk haklarının olması gerektiği vurgulanmaktadır (UNICEF 2021).

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇOCUK SAĞLIĞINA OLUMSUZ ETKİLERİ

Çocuklar yaşları ve içinde bulundukları gelişim dönemlerine göre hızlı metabolizmaları ve gelişen organ sistemleri nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı özellikle savunmasızdırlar. İntrauterin dönemden itibaren başlayabileceğini gösteren bu etkiler (Kidd vd., 2023), çocukluk dönemi ve adölesan dönem boyunca devam eder. Hava kirliliği, artan hava sıcaklıkları, kuraklık, gıda güvensizliği ve vektör kaynaklı hastalıklara maruz kalmak fetal beyin gelişimini etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra hava kirliliği, inrauterin bebek ölümlerinin artmasına ve düşük doğum ağırlığı ile doğmalarına da neden olabilmektedir (Squires vd., 2024). Hava kirliliği, insan sağlığı üzerinde en büyük olumsuz etkiye sahip çevresel faktördür. Hava kirliliği daha yüksek hastalık oranı ve ölüm oranı ile ilişkilidir (Filippini vd., 2022). Çocukların immatür ve gelişmekte olan akciğerlerinin olması, solunum hızlarının ortalama iki kat fazla olması nedeniyle yetişkinlere oranla hava kirliliğinden daha fazla etkilenmektedir. İklim değişikliği sonucu oluşan hava kirliliği çocukluk çağında astım, alerji ve pnömoni gibi sağlık sorunlarını başlatabilir, hızlandırabilir veya kötüleştirebilir (Urrutia-Pereira vd. 2022). İntrauterin dönemde ve erken çocuklukta hava kirliliğine maruz kalındığında, akciğerlerde geri döndürülemez olumsuz sonuçlar görülebilir. Bu durum

yetişkinlik döneminde solunum yolu hastalıklarının görülmesine neden olabilir (Royal College of Pediatrics and Child Health 2023). Aynı zamanda hava kirliliği çocuklarda beyin gelişimi ve ruh sağlığını da olumsuz etkilemektedir (Ferschmann ve diğerleri 2022).

Hava sıcaklıklarındaki artış nedeniyle orman yangınlarının ortaya çıkması sonucu, insan sağlığına zararlı birçok kimyasal madde içeren duman havaya karışmaktadır. Çocuklar bu dumana maruz kaldıklarında, önemli göz sağlığı problemleri yaşayabilmekte, solunum yolu hastalıklarına yakalanabilmektedirler (Ahdoot vd., 2015).

Artan hava sıcaklıkları nedeniyle besinlerin uygun şekilde taşınıp pişirme ve saklama koşullarına uyulmaması sonucu bulaşıcı hastalıklarda artış olmaktadır. Bu nedenle, her açıdan hassas olan çocuklarda besin kaynaklı enfeksiyon hastalıkları sonucunda diyare görülmektedir. Diyare beş yaş altındaki çocukları etkileyen günümüzde çocuk ölümlerinin önde gelen önemli nedenlerinden biridir. Artan sıcaklıklar nedeniyle bebeklerin ve küçük çocukların sıcak çarpması sonucu zarar görme veya ölme olasılıkları daha yüksektir. Aşırı sıcaklık, çocukların refahı için gerçek bir tehdittir. Çocukları bu tehditlerden korumak için doğru kıyafetlere, barınaklara ve içme suyuna erişmeleri sağlanmalıdır (Ahdoot vd., 2015; Altizer vd., 2013).
Küresel iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar nedeniyle, kuraklık yaşanmaya başlanacaktır. Bunun sonucunda ilerleyen yıllarda suya olan talep artacaktır. Sıcaklık ve su talebindeki artış; kuraklık ve sel gibi hava olaylarının şiddetlenerek sıklığının artması; deniz seviyesinin yükselmesi ve su baskınları, mahsullerin besin içeriğinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu sebeple mahsuller sağlıksız olmakta, çiftlik hayvanları ölmekte ve gelirler düşmektedir. Bu durum gıda güvensizliğine ve artan gıda fiyatlarına yol açmaktadır (UNICEF, 2015). Kuraklıkların neden olduğu gelir kaybı ve gıda sıkıntısı hem akut hem de yaşam boyu etkileri olabilecek mahsul veriminde düşmelere yol açabilmektedir. Mahsul verimindeki düşüşün önlenememesiyle ortaya çıkan yetersiz beslenme, çocuklarda çeşitli hastalıkların gelişmesine neden olacaktır (Ritchie, 2024)

Çocuklarda ve gençlerde iklim kaygısı ve iklim değişikliğine yönelik hükümet yanıtları hakkındaki inançlarını araştıran küresel çapta 10.000 çocuk ve genç ile yapılan anket sonucunda katılımcıların %59'unun iklim değişikliği konusunda çok veya aşırı endişeli olduğu bildirilmiştir. Katılımcıların yarısı iklim değişikliği nedeniyle üzgün, endişeli, öfkeli, güçsüz, çaresiz ve suçluluk duyguları hissettiklerini bildirmişlerdir (Hickman vd., 2021).

3. DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARININ ÇOCUK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİNİN AZALTILMASINDA PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Çocuklar ve gençlerin birçoğu, iklim değişikliğinin hayatlarındaki potansiyel zararlı etkilerinin farkındadırlar. Bu nedenle, geleceğe dair endişelerini ve fikirlerini ifade etmelerine fırsat vermek önemlidir. Çocuk ve gençlere bakım veren hemşirelerin, iklim değişikliğinin bu popülasyon için oluşturduğu riskleri ve potansiyel olumsuz sağlık etkilerini bilmeleri büyük önem taşımaktadır. Hemşireler, iklim değişikliğinin çocuk ve gençlerin sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri konusunda farkındalık oluşturma, karar alma ve politika geliştirme süreçlerine katılım açısından önemli bir role sahiptir (Squires vd., 2024). Hemşireler, dünya çapında güvenilir uzmanlar ve değişim savunucularıdır (Nicholas vd. 2021). İklim değişikliğinin çocuk

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin farkındalığı artırmada sahip oldukları önemli yer nedeniyle; hemşirelerin hava kirliliğinin ve sıcak hava dalgalarının; gelişmekte olan fetüslerin, yenidoğanların, bebeklerin, çocukların ve gençlerin sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri konusunda duyarlılık oluşturmaları büyük önem taşımaktadır (Adlong ve Dietsch 2015, Anåker vd. 2015).

Hemşireler ayrıca iklim değişikliğiyle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili sağlık koşullarını belirleyebilmeli, çocukları olumsuz etkilere karşı daha duyarlı hale getiren çevresel koşulları tahmin edebilmelidir (Oerther, 2023). Çevresel faktörler tarafından tetiklenen astım veya alerjik durumlar gibi iklim değişikliğiyle ilişkili sağlık sorunu olan çocukların bakımını desteklemelidir. Bu doğrultuda, hava kirliliği veya polen gibi çevresel tetikleyiciler konusunda farkındalığı artırmalı, eğitim ve danışmanlık sağlamalıdır.

Hemşirelerin hava kirliliğinin çocuk sağlığı üzerine etkilerini azaltmak için çocuklara ve ebeveynlere verilecek eğitim ve danışmanlık konuları şunları içerebilir;
- Sabahın erken saatlerinde veya ozon seviyelerinin düşük olduğu günlerde (pazar günleri) egzersiz yapılmalıdır (Yer seviyesindeki ozon konsantrasyonları genellikle rüzgârın hafif veya durgun olduğu, düşük nemli, sıcak günlerde en yüksektir.)
- Ayrıca aşırı sıcak günlerde egzersiz düzeyi sınırlandırmalıdır.
- Temiz gıdaya erişim, hazırlama koşulları ve hijyen konusunda eğitimler sağlanmalıdır.
- Polen seviyeleri yüksek olduğunda içeride kalınmalı ve pencereler kapatılmalıdır.
- Ev veya çocuk odası için hava filtresi kullanılmalıdır.
- Polen mevsiminde, içeri girildiğinde kıyafetler hemen değiştirilmelidir.
- Gece yatmadan önce duş alınmalıdır.
- Orman yangınları sırasında çocukların güvenliğini sağlamak için maske takmak da dahil olmak üzere güncellenmiş öneriler takip edilmelidir.
-Orman yangınları tehdidi altında olan bir bölgede yaşanıyorsa bir tahliye planı geliştirilmelidir.

Aşırı sıcaklık sonucu oluşabilecek hastalıkların etkisini azaltmak için çocuklara ve ebeveynlere verilecek eğitim ve danışmanlık konuları şunları içerebilir;
- Açık havada fiziksel aktivite sınırlandırılmalı, gölgede kalınmalıdır.
- Çocukların susuz kalmalarını önlemek için her zamankinden daha sık su içmeleri için teşvik edilmelidir.
- Sık sık serin duş alınmalıdır.
- Hafif yemekler yemeleri sağlanmalıdır.
- Yüksek sıcaklıklarda ve gıda zehirlenmesi olasılığında gıdaların bozulmasını önlemek için gıdalar uygun şekilde soğutulmalıdır.
- Elektrik kesintisi durumunda su ve bozulmayacak gıdalar saklanmalıdır.
-Güneş ışığını engellemek için perdeler veya panjurlar kapatılmalıdır.
- Mümkünse klima kullanılmalı, alt katlardaki evlerde yaşanmalıdır.
- Çocuklara bol, hafif ve açık renkli giysiler giydirilmelidir.

-Isı yorgunluğunun ve ısı çarpmasının belirtileri öğrenilmelidir.

Vektör kaynaklı hastalıkların etkilerini azaltmak için çocuklara ve ebeveynlere eğitim ve danışmanlık konuları şunları içerebilir;

- Kene, pire ve sivrisinek ısırıklarını azaltmak için önlemler alınmalıdır.
- Kene, sivrisinek ve/veya kenelerin bulunduğu alanlarda (örneğin çalılıklar ve uzun otların olduğu alanlar) zaman geçirdiğinizde açık renkli uzun pantolonlar, uzun kollu giysiler ve çoraplar giydirilmelidir.
- Şafakta ve alacakaranlıkta evde kalınmalıdır.
- Kenelerin olabileceği bir alanda vakit geçirdikten sonra duş alınmalıdır.
- Bebek arabaları ve bebek taşıyıcıları cibinlikle örtülmelidir.
- Güvenli böcek kovucu ürünler kullanılmalıdır.

(Anderko ve Pennea, 2022).

Pediatri hemşirelerinin, çocuk sağlığını korumak ve sürdürmek için iklim değişikliğinin ruh sağlığı üzerindeki etkileriyle de ilgili risk faktörlerini ve koruyucu faktörleri anlamaları gerekmektedir. Çocukların ve gençlerin iklim değişikliğinin ruh sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini tanımalarına ve bilinçlenmelerine yardımcı olmak için bu faktörleri incelemeli, aynı zamanda dayanıklılık geliştirmeleri için destek sağlamalıdır (Reiner-Haas Howard, 2022). Hemşirenin rolünün bir diğer önemli yönü, çocukların ve gençlerin iklim değişikliği ve sağlıkları hakkındaki endişelerini dile getirmeleri için savunuculuk yapmak ve desteklemektir. Bu, gençlerin sağlık hizmeti geliştirme ve karar alma süreçlerine katılımını teşvik ederek, örneğin gençlik forumları ve katılım faaliyetleri yoluyla başarılabilir (Whiting vd., 2020). Çocuk haklarının savunucusu olarak her şeyden önce çocukların sağlıklı bir çevrede yaşama hakları vardır. Hemşireler, iklim değişikliğinin etkilerine iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve adaptasyonuna yönelik inovasyonu geliştirme, uygulama ve sürdürme konusunda uygulamaları, araştırmaları ve eğitimleri yoluyla yanıt vermek için stratejik olarak konumlandırılmışlardır.

4. SONUÇ

İklim değişikliği karşısında pediatri hemşireliğinde rollerin oluşturulmasına acil ihtiyaç vardır. Hemşireler, uygulamaları, araştırmaları ve eğitimleri yoluyla iklim değişikliğinin etkilerine yanıt vermek için önemli konumdadırlar. Hemşirelik eğitimi, öğrencileri iklim değişikliğinin etkilerine yeterince hazırlamalıdır. Hemşirelerin eko-okuryazarlığı, çevresel sorunların farkındalığı ve bunların nasıl önleneceğine dair bilgi düzeyini artırmak için bu konuların müfredata dahil edilmesi önem arz etmektedir. Hemşirelik mesleği mensuplarının çevre hakkında artan farkındalığı, çocuklara ve dolayısıyla toplum sağlığına katkıda bulunacaktır. Mesleğin iklim sorunlarına değer katma konusunda açık bir potansiyeli olmasına rağmen, bu alana yeterli yatırım yapılmamaktadır.

Pediatri hemşireleri, iklim değişikliğinin çocuk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin farkındalığı artırmada, iklim değişikliğini uygulamalarına dahil etmede, hasta merkezli değerlendirmeler ve sağlık teşvik faaliyetleri yoluyla bu konuda hayati bir role sahiptir. Ayrıca, hemşireler çocukların iklim değişikliğiyle ilgili endişelerinin ve fikirlerinin duyulmasını ve kabul edilmesini desteklemelidir. Böylece sağlık hizmeti karar alma ve politika geliştirme süreçlerine katkıda bulunmalarını sağlayabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

Adlong W, Dietsch E. Nursing and climate change: an emerging connection. Collegian. 22, 1, 19-24. (2015). doi: 10.1016/j.colegn.2013.10.003

Ahdoot S, Pacheco SE, Paulson JA, Baum CR, Bole A, Brumberg HL. Global climate

Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PT, Kutz S, Harvell CD. Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. Science. 2013;2341(6145):514–519. doi: 10.1126/science.12394011

Anåker A, Nilsson M, Holmner Å et al. Nurses' perceptions of climate and environmental issues: a qualitative study. JAN. 71, 8, 1883-1891. (2015). doi: 10.1111/jan.12655

Anderko, Laura, and Emma Pennea. "Climate changes children's health: Improving clinical practice to address changing health needs." The Journal for Nurse Practitioners 18.4 (2022): 395-398.

Burch H., Beaton L.J., Simpson G., Watson B., Maxwell J., Winkel K.D. A planetary health–organ system map to integrate climate change and health content into medical curricula. Med. J. Aust. 2022;217:469–473. doi: 10.5694/mja2.51737

change and children's health. pediatrics. 2015;136(5):e1468-e1484. doi:

Ferschmann L, Bos MG, Herting MM et al. Contextualizing adolescent structural brain development: environmental determinants and mental health outcomes. Current Opinion in Psychology. 44, 170-176. (2022). doi: 10.1016/j.copsyc.2021.09.014

Filippini M., Masiero G., Steinbach S. The impact of ambient air pollution on hospital admissions. Eur. J. Health Econ. 2019;20:919–931. doi: 10.1007/s10198-019-01049-y.

Helldén D, Ndejjo R, Sturm A et al. Climate change adaptation across the life-course – from pregnancy to adolescence – it's time to advance the field of climate change and child health. Environmental Research: Health. 1, 023001. (2023).

Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., ... & Van Susteren, L. Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. The Lancet Planetary Health, 5(12), e863-e873. (2021).

https://doi.org/10.1542/peds.2015-3233

Kidd SA, Gong J, Massazza A et al. Climate change and its implications for developing brains – in utero to youth: a scoping review. Journal of Climate Change and Health. 13, 100258. (2023). doi: 10.1016/j.joclim.2023.100258

Nicholas PK, Breakey S, Tagliareni ME et al. Climate change and population health: incorporating stages of nursing's political development. Nursing Outlook. 69, 1, 65-73. (2021). doi: 10.1016/j.outlook.2020.08.001

Oerther S. Role of the school nurse in addressing climate-associated illnesses of school-age children. NASN School Nurse. (2023). 39, 1, 18-20. doi: 10.1177/1942602X231190409

Portela Dos Santos O, Melly P, Joost S, Verloo H. Climate Change, Environmental Health, and Challenges for Nursing Discipline. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(9):5682. Published 2023 Apr 28. doi:10.3390/ijerph20095682

Reiner KL, Haas-Howard C. Essential strategies for school nurses to move upstream in support of healthy students and a healthy planet. NASN School Nurse. (2022). 37, 4, 217-222. doi: 10.1177/1942602X221078342

Ritchie, H. - "How will climate change affect crop yields in the future?" Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/will-climate-change-affect-crop-yields-future' [Online Resource] (2024).

Rousell D, Cutter-Mackenzie-Knowles A. A systematic review of climate change education: giving children and young people a 'voice' and a 'hand' in redressing climate change. Children's Geographies. 18. 2 (2020): 191-208.

Royal College of Paediatrics and Child Health. The Impact of Climate Change on Global Child Health – Position Statement. http://www.rcpch.ac.uk/resources/impact-climate-change-global-child-health-position-statement (Last accessed: 29 December 2024) (2023).

Salvador Costa M.J., Leitão A., Silva R., Monteiro V., Melo P. Climate Change Prevention through Community Actions and Empowerment: A Scoping Review. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022;19:14645. doi: 10.3390/ijerph192214645.

Squires, Eleanor, Lisa Whiting, and Julia Petty. "Effects of climate change on the health of children and young people." Nursing Standard (2024).

United Nations International Children's Emergency Fund. The Climate Crisis is a Child Rights Crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index. http://www.unicef.org.uk/wp-content/uploads/2021/08/UNICEF_CCRI_report_EN-1.pdf (Last accessed: 29 December 2024.) (2021).

United Nations International Children's Emergency Fund. Unless We Act Now: The impact of climate change on children. United Nations International Children's Emergency Fund 2015. Erişim tarihi: 29.12.2024. Erişim Linki:https://www.unicef.org/reports/unless-we-act-now-impact-climate-change-children

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Urrutia-Pereira M, Guidos-Fogelbach G, Solé D. Climate changes, air pollution and allergic diseases in childhood and adolescence. Jornal de Pediatria. 98, Suppl 1, S47-S54. (2022). doi: 10.1016/j.jped.2021.10.005

Whiting L, Roberts S, Evans K et al. 'Giving young people a voice': lessons from the NHS England Youth Forum. In Brady LM (Ed) Embedding Young People's Participation in Health Services: New Approaches. Polity Press, Bristol, 77-104. (2020).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KÜRESEL BİR TEHDİT OLAN SITMA (MALARYA) VE KONTROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Fatma CEVAHİR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Akyazı SHMYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü
fatmacevahir@subu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4834-5046

ÖZET

Plasmodium cinsine ait protozoonların, *Anopheles* cinsi sivrisineklerin vektörlük yapmasıyla bulaşan sıtma (malarya), hastalığı ölümcül bir enfeksiyon hastalığıdır. Genellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde daha sık görülmekte olan sıtma hastalığı aynı zamanda dünyada önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilir. DSÖ'nün verilerine göre dünya genelinde 2022 yılında 85 ülkede yaklaşık 249 milyon sıtma vakası görülmüştür. Bu vakaların 608.000'i ölümle sonuçlanmış olup bu ölümlerin %94'ünün Afrika Bölgesi'nde görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca bölgede görülen bu ölümlerin yaklaşık %80'ini 5 yaş altı çocuklar oluşturmuştur. Sıtma hastalığının kontrol altına alınabilmesi için ulusal ve uluslararası tüm kurumlar bazında ortak iş birlikleri ile oluşturulmuş stratejiler planlanması gerekmektedir. Öncelikle *Anopheles* cinsi sivrisineklerin insanları ısırmasının önüne geçilebilmesi için vektörlerle mücadele edilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca erken tanı ve tedavi yöntemleri uygulanmalı, yeni tedavi seçenekleri ve aşı çalışmaları arayışları için bilimsel çalışmalar yapılmalı, toplumsal farkındalık oluşturulabilmesi için eğitimler verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Malarya, sıtma, enfeksiyon kontrolü, halk sağlığı

GİRİŞ

Plasmodium cinsine ait protozoonların, *Anopheles* cinsi sivrisineklerin vektörlük yapmasıyla bulaşan sıtma (malarya), hastalığı ölümcül bir enfeksiyon hastalığıdır. Dünyada tropikal ve subtropikal bölgelerde daha sık görülmekte olan sıtma hastalığı önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilir. Sıtmanın her sene milyonlarca vaka ve bunların yüz binlercesi ölüm ile sonuçlanması, genellikle beş yaşın altındaki çocuklar ve gebe kadınlar için hayati bir tehdit oluşturmasına sebep olmaktadır (WHO, 2021).

2022 yılında dünya genelinde 85 ülkede tahminen 249 milyon sıtma vakası ve 608.000 sıtma kaynaklı ölüm yaşanmıştır. Afrika Bölgesi, küresel sıtma yükünün orantısız derecede yüksek bir payını taşımaktadır. 2022 yılında bölge, sıtma vakalarının %94'üne (233 milyon) ve sıtma ölümlerinin %95'ine (580.000) ev sahipliği yapmıştır. Bölgedeki sıtmadan ölümlerin yaklaşık %80'ini 5 yaş altı çocuklar oluşturmaktadır (WHO, 2023). Hastalığın insanların sağlığını

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

etkilemesinin yanısıra, sosyal ve ekonomik kalkınma açısından da ciddi kayıplara sebep olmaktadır. Enfekte *Anopheles* türü sivrisineklerin insanı ısırmasıyla ve paraziti nakletmesiyle başlayan süreçte, parazitler kan dolaşımı aracılığı ile karaciğere geçerler ve burada çoğalırlar (Savi, 2023).

Küresel bir hastalık olan sıtma bilimsel çalışmaların ve uluslararası iş birliklerinin sıtmaya karşı çözüm odaklı olmanın önemini artırmaktadır. Halk sağlığı açısından sıtmanın kontrol altında tutulması, yoksullukla mücadelede ve sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

ETİYOLOJİSİ

Sıtma, *Plasmodium* cinsi protozoon parazit türlerinin sebep olduğu ve *Anopheles* cinsi sivrisineklerin vektörlüğü ile bulaşan bir hastalıktır. İnsanları enfekte edebilen beş ana *Plasmodium t*ürü: *Plasmodium falciparum, P. vivax, P. malariae, P. ovale ve P. knowlesi*'dir. Bunların arasında en sık görülen ve en ölümcül tür olarak bilinen *P. falciparum* türüdür (WHO, 2021). *Plasmodium* parazitlerinin iki ana konak arasında yaşam döngüsü gerçekleşir. Bunlar: İnsanlar ve *Anopheles* cinsi sivrisineklerdir. Enfekte bir sivrisineğin ısırmasıyla bulaşan parazit, insanların kan dolaşımına girer ve burada, karaciğerde olgunlaşarak eritrositlere yayılırlar. Bu döngü sonucunda enfekte kişilerde anemi, titreme ve ateş gibi semptomlar başlar (Phillips et al., 2017). *P. falciparum* kaynaklı enfeksiyonlar çoklu organ yetmezliği ve serebral sıtma gibi komplikasyonlara sebep olarak ölümcül olabilmektedirler.

P. ovale ve *P. vivax* hipnozoit form halinde uzun süre karaciğerde sessiz kalabilirler ve aylar hatta yıllar sonra bile yeniden aktif olabilirler. Bu sebeple, bunların tedavisinde primaquine benzeri ilaçlarla latent formların ortadan kaldırılması gerekmektedir (White et al., 2014).

EPİDEMİYOLOJİSİ

Sıtma hastalığı, tropikal ve subtropikal bölgelerde endemik olan ve ciddi sonuçları olan bir hastalıktır. 2020 yılında dünyada 241 milyon, 2022 yılında 249 milyon sıtma vakası ve bunların sırasıyla 627.000 608.000'i ölüm olarak rapor edilmiştir (WHO, 2021; WHO, 2023). Sıtma ölümlerinin %94'ü Afrika bölgesinde ve bunların büyük bir kısmı beş yaş altı çocuklarda görülmektedir. *P. falciparum*, Sahra Altı Afrika'da baskın türdür, fakat *P. vivax,* Asya ve Latin Amerika'da daha yaygındır (Battle et al., 2019).

Sıtmanın coğrafik yayılımı, iklim koşulları, sivrisinek popülasyon yoğunluğu ve sağlık hizmetlerine erişim gibi birçok faktörün etkisi altındadır. İklim değişikliği, sıtmanın coğrafi kapsamını genişletebilecek bir tehdittir. Özellikle artan sıcaklığın etkisiyle sivrisinekler daha geniş alanlara yayılarak ve daha uzun üreme sürelerine sahip olurlar (Caminade et al., 2019).

KLİNİK ÖZELLİKLERİ

Sıtma hastalığı, birçok klinik belirtilerle seyreden ve ciddiyet durumu enfekte eden *Plasmodium* türüne göre değişiklik gösteren bir hastalıktır. En sık görülen belirtiler arasında titreme, ateş, başağrısı, terleme, halsizlik ve kas ağrılarıdır (Phillips et al., 2017).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ciddi Sıtma: Serebral sıtma, ciddi anemi, akut solunum yetersizliği ve hipoglisemi gibi komplikasyonlarla kendini gösteren *Plasmodium falciparum* enfeksiyonları oldukça dikkat edilmesi gereken bir türdür. Serebral sıtma, konvülsiyon ve bilinç kaybı ile karakterizedir ve tedavi edilmeyince ölümcül olabilir (Maitland, 2016).

Gebelikte Sıtma: Yapılan çalışmalarda, gebe kadınlarda sıtma enfeksiyonları sonucunda erken doğum, düşük doğum ağırlığı ve artmış maternal mortalite riski ilişkili olduğu bulunmuştur (Desai et al., 2018). Daha düşük ölümcül riski olan bir tür olan *Plasmodium vivax* enfeksiyonlarının nüks edebilmesi sebebiyle tedavi gerektirmektedir (White et al., 2014).

TANI YÖNTEMLERİ

Sıtma hastalığının tanısı, klinik semptomların değerlendirilmesiyle başlayabilse de kesin tanı laboratuvar yöntemleriyle konulmaktdır.

Mikroskopik Tanı: Kan örneğinin yayma ve kalın damla preparatı, *Plasmodium* türlerini ayırabilmek için altın standart olarak kabul edilmektedir. Giemsa ile boyanan yaymalar, parazitlerin yükünü ve türlerini saptamak için kullanılmaktadır (Karadağ et al., 2015). Ancak bu yöntem için yüksek deneyim gerekmektedir.

Serolojik Testler: Bu testler, geçmişte oluşan enfeksiyonları saptamak için kullanılmaktadır. Fakat aktif enfeksiyonun tanısında bir faydası yoktur (Bousema et al., 2012).

Hızlı Tanı Testleri (RDT): RDT'ler, *Plasmodium* antijenlerini tespit eden immünokromatografik testlerdir. Bu yöntemler, sınırlı kaynaklara sahip bölgelerde hızlı ve kullanışlı bir seçenek sunar. Ancak, duyarlılık durumları *P. falciparum* ve *P. vivax* arasında değişiklik gösterebilir (Berzosa et al., 2018).

Moleküler Tanı: PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu), *Plasmodium* DNA'sının tespit etmek için kullanılır ve yüksek duyarlılık ve özgüllük sunar. Fakat, bu yöntemin maliyeti daha yüksek ve uzmanlık gerektirir (Rougemont et al., 2004).

KONTROLÜ

Sıtma, dünyanın birçok bölgelerinde yaygın olarak görülen ciddi bir halk sağlığı problemi olarak görülmektedir. Hastalığın kontrol altına alınması ve yayılmasının önlenmesi için birden fazla strateji geliştirilmiştir. Sıtmanın kontrol altına alınmasında etkin olan aşı geliştirme çalışmaları, vektör kontrolü, kemoprofilaksi ve toplum eğitimi gibi temel yaklaşımlar bulunmaktadır.

Vektör Kontrolü

Sıtmanın temel vektörü olan *Anopheles* sivrisineklerinin kontrolü, hastalığın yayılmasının önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

İnsektisitli Yatak Örtüleri: Sivrisinek ısırıklarını engelleyerek sıtma insidansını azaltmada etkili bir yöntemdir. DSÖ, ITN kullanımının, sıtma vakalarını ve ölümleri %50 oranlarında azaltabileceğini bildirmiştir (WHO, 2021).

Mekân Rezidüel Spreyleme (IRS): Ev içi insektisit uygulamaları, sivrisinek popülasyonlarını kontrol etmeyi hedefler. Özellikle endemik bölgelerde bu yöntem, enfeksiyon riskini azaltmada etkili olabilmektedir (Bhatt et al., 2015).

Larvaların Kontrolü: Sivrisineklerin üremeleri için uygun alanlarının yok edilmesi veya larvasit kullanılmasıyla popülasyon kontrolü sağlanabilir. Su birikintilerinin drenajı ve çevre yönetimi bu stratejilerin temel parçasını oluşturabilir (Caminade et al., 2019).

Kemoprofilaksi Kullanımı

Kemoprofilaksi, sıtma hastalığı riskinin yüksek olduğu bölgelere seyahat eden bireylerde yaygın olarak kullanılan bir koruyucu yöntemdir. Antimalaryal ilaçlar, sıtma enfeksiyonu riskini azaltmada etkili olduğu bilinmektedir.

- Risk oranı yüksek bölgelerde, kısa zamanlı seyahatlerde kullanılması için meflokin ve atovakuon-proguanil benzeri ilaçlar tercih edilmektedir (White et al., 2014).
- Profilaksinin tedavi süresi, bireyin maruz kalma riski ve bölgenin endemik yapısına göre değişebilir (Phillips et al., 2017).

Aşı Çalışmaları

Sıtma üzerine yapılan aşı çalışmaları son yıllarda önem kazanmıştır. RTS,S/AS01 (Mosquirix) aşısı, 2021 yılında DSÖ tarafından onaylanmış ve pilot uygulamaları başlatılmıştır. Onaylanan bu aşı, *P. falciparum* kaynaklı enfeksiyonları önlemede etkili olabilir (Ashley et al., 2014).

- RTS,S/AS01 aşısı beş yaşın altındaki çocukları hedef almakta ve sahra altı Afrika'da enfeksiyon oranlarında %30 azalma görülmüştür. (Dondorp et al., 2009).
- Bu aşının uygulanabilirliği ve etkisi, Malavi, Kenya ve Gana gibi ülkelerde pilot projeler aracılığı ile test edilmiştir.

Eğitim

Sıtma hastalığı hakkında toplumda farkındalık oluşturulması hastalığın yayılmasını önlemede çok önemlidir.

- Sivrisineklerden korunma yöntemleri, erken tanı ve tedavi geliştirilmesi gibi konularda eğitim programları düzenlenmelidir (Bousema et al., 2012).
- Toplumda birçok farkındalık kampanyaları, korunma stratejilerinin etkinliğini artırabilir.

SONUÇ

Yüz milyonlarca insanı etkileyen sıtma, dünyanın çeşitli bölgelerinde halk sağlığı üzerinde ciddi etkiler bırakan önemli bir enfeksiyon hastalığı olmaya devam etmektedir. Bu hastalıkla mücadelede sağlık sistemlerinin dayanıklılığını artırmak, yenilikçi tedavi stratejilerini hayata geçirmek ve toplumsal farkındalığı artırmak kritik bir öneme sahiptir.

Halk sağlığı üzerine etkileri küresel düzeyde hissedilmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerde, hastalık hem ekonomik kalkınmayı engellemekte hem de eğitim ve sosyal refah üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Düzenli vektör kontrol programları, erken tanı ve tedaviye erişim olanaklarını genişletmek, bu etkinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Bhatt et al., 2015; WHO, 2021).

Mücadelede uluslararası iş birliği ve sürdürülebilir ekonomik modelleri öncelikli olarak ele alınmalıdır. DSÖ'nün düzenlediği küresel sıtma raporları, kontrol stratejilerinin etkinliğini izleme ve iyileştirme açısından temel rehber niteliğindedir. Ulusal ve uluslararası kaynakların daha etkin kullanılması, hastalığın etkisinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Caminade et al., 2019).

KAYNAKÇA

Ashley, E. A., Dhorda, M., Fairhurst, R. M., Amaratunga, C., Lim, P., Suon, S., ... & White, N. J. (2014). Spread of artemisinin resistance in Plasmodium falciparum malaria. *New England Journal of Medicine, 371*(5), 411-423. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1314981

Berzosa, P., De Lucio, A., Romay-Barja, M., Herrador, Z., González, V., García, L., ... & Benito, A. (2018). Comparison of three diagnostic methods (microscopy, RDT, and PCR) for the detection of malaria parasites in representative samples from Equatorial Guinea. *Malaria journal, 17,* 1-12. https://doi.org/10.1186/s12936-018-2292-5

Battle, K. E., Lucas, T. C. D., Nguyen, M., Howes, R. E., Nandi, A. K., Twohig, K. A., ... & Hay, S. I. (2019). Mapping the global endemicity and clinical burden of Plasmodium vivax, 2000–2017: A spatial and temporal modelling study. *The Lancet, 394*(10195), 332-343. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31096-7

Bhatt, S., Weiss, D. J., Cameron, E., Bisanzio, D., Mappin, B., Dalrymple, U., ... & Gething, P. W. (2015). The effect of malaria control on Plasmodium falciparum in Africa between 2000 and 2015. *Nature, 526*(7572), 207-211. https://doi.org/10.1038/nature15535

Bousema, T., Griffin, J. T., Sauerwein, R. W., Smith, D. L., Churcher, T. S., Takken, W., ... & Gosling, R. (2012). Hitting hotspots: spatial targeting of malaria for control and elimination. *PLOS Medicine, 9*(1), e1001165. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001165

Caminade, C., McIntyre, K. M., & Jones, A. E. (2019). Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1436*(1), 157-173. https://doi.org/10.1111/nyas.13950

Desai, M., Hill, J., Fernandes, S., Walker, P., Pell, C., Gutman, J., ... & Webster, J. (2018). Prevention of malaria in pregnancy. *The Lancet Infectious Diseases*, *18*(4), e119-e132. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30064-2

Dondorp, A. M., Nosten, F., Yi, P., Das, D., Phyo, A. P., & Tarning, J. (2009). Artemisinin resistance in Plasmodium falciparum malaria. *New England Journal of Medicine*, *361*, 455–467. https://doi.org/10.1056/NEJMoa0808859

Haldar, K., Bhattacharjee, S., & Safeukui, I. (2018). Drug resistance in Plasmodium. *Nature Reviews Microbiology*, *16*(3), 156-170. https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.161

Karadağ, A., Ünal, N., Yanık, K., Borucu, R., Günaydın, M., & Hökelek, M., (2015). Evaluating of Plasmodium Species Isolated From Peripheral Blood Samples in a Non-Endemic Region. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, vol.39, no.1, 5-8.

Maitland, K. (2016). Severe malaria in African children—the need for continuing investment. *New England Journal of Medicine*, *375*(25), 2416-2417. https://doi.org/10.1056/NEJMe1614359

Phillips, M. A., Burrows, J. N., Manyando, C., van Huijsduijnen, R. H., Van Voorhis, W. C., & Wells, T. N. C. (2017). Malaria. *Nature Reviews Disease Primers*, *3*(1), 1-24. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.50

Price, R. N., Commons, R. J., Battle, K. E., Thriemer, K., & Mendis, K. (2020). Plasmodium vivax in the Era of the Shrinking P. falciparum Map. *Trends in Parasitology*, *36*(6), 560-570. https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.03.009

Rougemont, M., Van Saanen, M., Sahli, R., Hinrikson, H. P., Bille, J., & Jaton, K. (2004). Detection of four Plasmodium species in blood from humans by 18S rRNA gene subunit-based and species-specific real-time PCR assays. *Journal of Clinical Microbiology*, *45*(7), 2415-2419.

Savi, M. K. (2023). An overview of malaria transmission mechanisms, control, and modeling. *Medical Sciences*, *11*(3). https://doi.org/10.3390/medsci11010003

Siahaan, L. (2022). Birinci Basamak Sağlık Hizmetlerinde Dihidroartemisinin-Piperaquine Kombinasyonu ile Sıtma Tedavisinin Etkinliğinin Gözlenmesi. *Turkiye Parazitol Derg*, *46*(2), 102-107.

White, N. J., Pukrittayakamee, S., Hien, T. T., Faiz, M. A., Mokuolu, O. A., & Dondorp, A. M. (2014). Malaria. *The Lancet*, *391*(10130), 1608-1621. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30324-6

World Health Organization. (2021). *World Malaria Report 2021*. Geneva: WHO. https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2021 (Erişim Tarihi: 02.12.2024)

World Health Organization (WHO). (2023). Malaria. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria (Erişim Tarihi: 02.12.2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GEBELİKTE TOXOPLAZMOZİS

Dr. Öğr. Üyesi Fatma CEVAHİR

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Akyazı SHMYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

fatmacevahir@subu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4834-5046

ÖZET

Toxoplazmoz, *T.gondii*'nin etkeni olduğu bir parazitozdur. Bu parazit insan vücudunda eritrositler hariç tüm hücreleri ve hayati organları tutabilir. Toxoplazma enfeksiyonu akut veya kronik, semptomatik veya asemptomatik seyredebilir. Genellikle asemptomatik enfeksiyonlar olarak görülür. Ancak gebe ve immünsüprese hastalarda ağır klinik tablolar yapabilir. Konjenital toxoplazmoz ise ilk trimesterde spontan düşüklere, ölü doğumlara ve erken doğumlara neden olabilir. Annenin tedavi edilmesi konjenital enfeksiyon gelişme riskini %60 oranında azaltmaktadır. İmmünyetmezliği olan ya da immün sistemi baskılanmış hastalarda ve seronegatif gebe kadınlarda korunma çok büyük önem taşımaktadır. Çiğ veya az pişmiş et ve çiğ etten yapılmış ürünlerin yenmemesi önerilmektedir. Etin 66 ºC'nin üzerinde en az 4 dakika pişirilmesi ve -20 ºC'de 24 saat dondurulması ile doku kistlerinin öldüğü gösterilmiştir. Çiğ et ve sebzelerle temastan sonra ellerin yıkanması önemlidir. Ookistlerin bulunma olasılığı olan sebze ve meyvelerin iyice yıkanması önerilmektedir. Çiğ yumurta yemekten ve pastörize olmayan süt içmekten sakınılmalıdır. Suda 5 dakika kaynatılmış ve sahanda 3 dakika pişirilmiş yumurtada canlı parazit bulunabildiği bildirilmiştir. Sahipsiz sokak kedilerinin barınaklara alınarak izole edilmesi ve kedilerle sıkı temastan kaçınılması önerilmektedir. Su ve sebzelerin, kasaplık hayvan yemlerinin kedi dışkısı ile kirlenmesini önlemek için gerekli özen gösterilmelidir. Bu derlemede, toxoplazmozis ve onun gebelik açısından önemine vurgu yapılarak korunma ve kontrol önlemlerinin anlatılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toxoplazmozis, gebelik, enfeksiyon kontrol, halk sağlığı

TOXOPLAZMOSİS HASTALIĞININ ÖNEMİ

Toksoplazmozis, Toxoplasma gondii'nin neden olduğu, memeliler ve kuşlar dahil birçok türde görülebilen sistemik bir enfeksiyon hastalığıdır. Hem evcil hem de yabani hayvanlarla insanlarda yaygın olarak görülmesine rağmen, klinik olarak belirgin vaka sayısı oldukça sınırlıdır. Özellikle insanlarda ve koyunlarda ortaya çıkan asemptomatik akut toksoplazmoz, konjenital enfeksiyonlar açısından kritik bir öneme sahiptir (1). Bu parazit, insan vücuduna girdikten sonra eritrositler dışında tüm hayati organları ve hücreleri enfekte edebilir. Akut enfeksiyon sırasında kan, beyin omurilik sıvısı (BOS), gözyaşı, meni, tükürük ve idrar gibi vücut sıvılarında tespit edilebilir (2). Toksoplazma enfeksiyonları asemptomatik, semptomatik, akut veya kronik olarak farklı şekillerde seyredebilir. Enfeksiyonların çoğunluğu asemptomatik olarak devam etse de gebelik sırasında ortaya çıkan enfeksiyonlar, ciddi klinik tablolara yol açabilir. Konjenital toksoplazmoz, gebeliğin ilk üç ayında spontan düşükler, ölü doğum veya erken doğumlarla sonuçlanabilir. Gebelik sırasında annenin tedavi edilmesi, konjenital enfeksiyon riskini %60 oranında azaltmaktadır. T. gondii ilk kez 1908 yılında Nicole ve Manceaux tarafından Kuzey Afrika kemirgeni Ctenodactylus gundi'den izole edilmiştir. İlk insan vakası ise 1923 yılında Prag'da Janku tarafından oküler toksoplazmoz olarak tanımlanmıştır. Enfeksiyonun intrauterin yolla bulaşabileceği ve yenidoğanlarda ensefalit yapabileceği, 1937 yılında Wolf ve Cowen tarafından rapor edilmiştir. Kean ve Grocott, 1945 yılında asemptomatik bireylerde T. gondii kistlerinin varlığını tespit etmiş, Sabin ve Feldman ise 1949 yılında toksoplazmozun erken teşhisi için duyarlı bir immünolojik test olan "dye-test"i geliştirmiştir. Ayrıca Jacobs, Remington ve Melton, 1960 yılında enfekte hayvan etlerinin toksoplazmoz bulaşında önemli bir kaynak olduğunu rapor etmişlerdir. Türkiye'de toksoplazmoz vakaları ilk olarak 1950 yılında bir köpekte, insanlardaki ilk vaka ise 1953 yılında tespit edilmiştir (3).

Toksoplazma paraziti, bazen kan yoluyla gözün arka segmentine ulaşarak retinada inflamasyona ve hasara neden olur ve kist formuna dönüşür. Gözle ilgili belirtiler bireyin yaşı ve genel sağlık durumuna göre değişiklik gösterebilir. Erken çocukluk döneminde görme keskinliğinde azalma, şaşılık, nistagmus ve lökokori gibi belirtiler görülebilirken; daha ileri yaşlarda görme kaybı, fotofobi, ağrı ve kızarıklık gibi semptomlar ortaya çıkabilir (4).

Bağışıklık sistemi baskılanmış bireylerde toksoplazmoz enfeksiyonları daha ciddi seyredebilir. HIV/AIDS gibi bağışıklığı baskılayan durumlarda toksoplazma enfeksiyonlarının sistemik ve kraniyal komplikasyonları oldukça önemli bir sorun haline gelmiştir. Bununla birlikte, konjenital enfeksiyonların ağır sonuçları nedeniyle en çok gebeler ve gebelik planlayan kadınlar bu hastalık açısından önem taşımaktadır (5). Organ nakli yapılan hastalarda enfeksiyonun şiddeti, donör ve alıcının T. gondii ile daha önce karşılaşıp karşılaşmadığına, immün baskılanma derecesine ve nakledilen organın türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Organ nakli alıcılarının, Toxoplasma'ya özgül IgG antikorları açısından taranması önerilmektedir (6).

Hastalığın yayılmasında iki önemli faktör bulunmaktadır: ara konaklardaki doku kistleri ve kedilerin dışkıları yoluyla yayılan ookistler. Kedilerin toksoplazmozun epidemiyolojisindeki rolü nedeniyle, bu konuda pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Kedilerde toksoplazmoz oldukça yaygın görülse de klinik enfeksiyon vakaları nadirdir. Kedilerde T. gondii kaynaklı ölümle sonuçlanan ilk vaka, 1942 yılında Olafson ve Monlux tarafından tanımlanmıştır. Bu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

vakada, iştahsızlık, ateş ve öksürük gibi semptomlarla karakterize kısa süreli bir hastalık tablosunun ardından kedinin öldüğü rapor edilmiştir (1).

HASTALIĞIN ETKENİ VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

T.gondii'nin şimdiye kadar 25 suşu gösterilmiş ve bütün suşların temel antijenik yapılarının birbirine benzeyen karakterlerde olduğu tespit edilmiştir. İnsanlar ve hayvanlardan izole edilen parazitin üç ayrı genotipleri vardır. Zorunlu hücre içi parazitidir ve suni besiyerlerinde üreme özellikleri yoktur. Üremeleri için embriyonlu yumurta, deney hayvanları veya doku kültürü gibi canlı hücre sistemleri gerekmektedir. Toksoplazmanın evriminde seksüel döngüler için son konak olan kedilerin ince bağırsaklarında, aseksüel döngü ise insanlarda ve bütün sıcak kanlı olan hayvanlarda görülebilmektedir (7-9).

Parazitin bilinen üç morfolojik şekli bulunmaktadır:

a) Trofozoit (Takizoit, Endozoit)

Bu formlar aseksüel bir şekilde hızlı çoğalabilirler. Enfeksiyonun olduğu akut dönemde görülürler. Kıvrık, yay konsentrik veya oval şekilli parazitin hızlı çoğalabilen hareketli formudur. Soğukta, kurulukta ve sıcakta ve midedeki sindirim enzimleri ile canlılıklarını kaybetmektedirler. Bu form her şekilde nükleuslu hücreye invazyon yöntemiyle girerek, hücrenin içinde vakuoller (psödokist) oluşturarak orada çoğalabilmektedirler (7-9).

b) Bradizoit (Kist Şekli)

Dokularda oluşan enfektif form olan bradizoitler, konağın yaşam süresince kist içerisinde canlılığını sürdürmektadirler. Bradizoit formlar kistten ayrılınca takizoit şekillere dönüşerek özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış olanlarda enfeksiyonun tekrar alevlenmesine sebep olmaktadırlar (5).

c) Ookist

Enfekte kedilerin dışkılarında görülen ookistler insan dahil tüm sıcak kanlıları enfekte edebilirler (5). Olumsuz dış şartlarda dahi 18 gün gibi uzun bir süre canlılığını muhafaza edebilmektedir (1).

EPİDEMİYOLOJİ VE BULAŞMA ŞEKLİ

Az pişierilmiş veya çiğ doku kisti içermekte olan et, çiğ yumurta, çiğ süt, iyi yıkanmamış meyve ve sebzeler gibi birçok yollarla geçebilmesi sebebiyle bütün dünyada önemli bir sağlık sorunudur (5). İklim-hava koşullarıyla yakından ilişkilidir. Soğuk, kuru iklimler ve yüksek rakımlarda sıklığı azalmaktadır. Seropozitivite; çocukların kontamine toprakla oynamaya

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

başladığı 1 yaşında başlamakta ve adolesanda %50-75'e çıkmaktadır. *T.gondii* enfeksiyon seroprevalansı bölgelere göre değişkenlik gösterir. Fransa'da gebe kadınların %80'inde antikor pozitifliği, İngiltere ve ABD'de gebe kadınların %16-40'da antikor pozitifliği olduğu bildirilmektedir. Türkiye'de seroprevalans %17-78 olarak gösterilmiştir. Afrika, Tahiti ve Fransa seroprevalansın yüksek olduğu ülkelerdir. *T.gondii* insanlara enfekte etlerin yeterince pişirilmeden ya da çiğ yenilmesi ile ya da enfekte etlere temas sonrası ellerin enfekte olması ile, kedilerin dışkılarıyla etrafa yayılan oookistlerle kontamine su, toprak veya yıkanmamış sebze ve meyva tüketilmesi ile gebelik sırasında enfeksiyonun transplesantal yolla fetusa geçmesi ile bulaş olur. Konsepsiyon gelişmeden önce *T.gondii* ile enfekte bir kadında parazit nadiren fetusa geçer. Gebeliği esnasında primer akut enfeksiyon geçiren veya immunsupresyon nedeniyle reaktivasyon gösteren kadınlarda parazit transplesantal olarak fetusa bulaşabilir (10). Laboratuvar çalışanları da edinsel bulaş açısından risk altındadır. *T.gondii*'nin sitratlı kanda 4 ºC'de 50 gün kadar canlı kalabildiği, enfeksiyonun kan veya akyuvar transfüzyonu ile geçebildiği bildirilmiştir (11). Hayvanlara bakıldığında, koyunlarda toxoplazmosis yavru atma suretiyle ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Diğer taraftan kistleri insanlar için enfeksiyon kaynağı olduğundan insan sağlığı açısından da önemlidir. Koyun toxoplasmosisi ilk defa Olafson ve Monlux tarafından bildirilmiştir (12). Toxoplazmosis hastalığı, konaklardaki prognozu genellikle subkliniktir. Türkiye'de koyunlarda *T. gondii* seropozitivitesi %49.47-98.92 olarak bildirilmiştir (13). Atların enfeksiyon kaynağı olarak koyun ve domuzlara göre daha az, sığırlara göre ise çok daha önemli olduğu bildirilmiştir. Toxoplasmosis'in prevelansı, toplumların sosyo-ekonomik durumu, kedibesleme ve beslenme alışkanlıklarına göre ülkeden ülkeye değişmekle beraber % 0-90 kadardır. Atlarda farklı serolojik testlerle yapılan prevelans çalışmalarında, ülkemizde %1.9-%14.3 arasında, diğer ülkelerde %0.5-34 arasında bir seropozitiflik tanımlanmıştır (14). Sığırlarda hastalık ilk kez 1953 yılında bildirilmiş; dört ayrı sürüde inek ve buzağıların dokularından *T.gondii* benzeri bir parazit tespit edilmiştir. Hastalıktan etkilenen hayvanlarda solunum ve merkezi sinir sistemi bulguları belirlenmiştir. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda sığırlarda doğal şartlarda abort veya neonatal ölümlerin görülmediği ve çoğunlukla önemli bir klinik bulguya neden olmadan subklinik seyrettiği bildirilmektedir. Ayrıca sığırların koyun ve keçilere göre daha dirençli olduğu bildirilmektedir (15).

GEBELİKTE TOXOPLAZMOZ VE KONJENİTAL TOXOPLAZMOZ

Gebelik esnasında fetüsün hayatta kalma ve plesentanın implantasyonunu olanak sağlayan birçok immünolojik değişiklikler vardır. Birçok patojene duyarlılığın gebelik süresince görülmesi muhtemelen şaşırtıcı değildir. Bağışıklık sistemi geçişi gebelikle ilgili hormonlar olan östrojen, testesteron ve progesteron hormonlarındaki değişikliklerden kaynaklanır. Bunlar normal psikolojik seviyelerle karşılaştırılır. Gebe olmayan kadınlarda progesteron hormonu 1.8± 0.34 ve 43 ±13 mmol/litre döngüsü arasındadır. Gebe kadınlarda ise progesteron hormonu gebeliğin son dönemlerinden 500 mmol/litre'ye ulaşır. Bu da hormonal olarak bağışık hücre fonksiyonunun düzenlenmesini içerir. Makrofajların varlığına rağmen mast hücreleri, NK hücreleri, eozinofiller, nötrofiller ve T-hücreleri trofoblast kabul edilemez. Lokal T hücrelerinin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

görevi fotoplasental dokularda düzenlenmiştir. Farelerde treg hücreleri gebelik süresince büyük oranda yerleşme ve yayılmaya hazırlık aşamasında uterusta toplandığı saptanmıştır. İnsanlarda gebelik süresince Treg sayı döngüsünün artışındaki bir hata zayıf bir prognoz ile ilişkilendirilir. Deciduadaki IL-17 T-hücrelerinin birikmesi düşük ile ilgilidir. Dahası, TH2 fenotipi IL-4, IL-5 ve IL-10 üretimiyle ilgilidir. IFN $_{Y}$ IL-2 GİBİ sitokinlerle ilgili TH1 in düzenindeki ciddi bozulma gebe farelerde düşüğe zemin hazırlayabilir (16).

Gebelikte *T.Gondii* Enfeksiyonuna Duyarlılığın Artması

Gebelik süresince farelerde *T.gondii* duyarlılığı artar. Th2'ye karşı bağışıklık tepkisini kutuplamak için gebelik yeteneğini devam ettirmede *T.gondii* bulaştırılan gebe fareler aynı şekilde enfekte edilen gebe olmayan dişi farelere göre IFN $_{Y}$ daha az üretir. IFN $_{Y}$ oranındaki bu azalış ölüm oranının artışıyla ilişkilidir. Fakat exogenous IFN $_{Y}$ ya da IL-2'nin yöntemiyle bu ortadan kaldırılabilir. Önceki araştırmalar insanlarda varolan *T.gondii* enfeksiyonunun konjenital geçişle hiçbir risk oluşturmadığını gösteriyor. Bu genellikle doğru olmasına karşın, birçok vakada kronik enfeksiyonun doğuştan bulaştığı kaydedilmiştir. Bu genelde annedeki bağışıklık baskılanması yüzündendir (örneğin, HIV enfeksiyonu veya yüksek doz steroidler). Bu da hastalığa reaksiyonun bir derecesi olduğuna işaret eder. Aslında kronik *T.gondii* enfeksiyonlu 18 dişi gebede yürütülen çalışmada 7 reaktif vaka gözlenmiştir. Hastalığın reaktivasyon olayı diğer anatomik alanlarda gözlemlenmediği için daha yüksek gibi görünmektedir. Bu da gebe annenin ve fetüsün sağlıklı olduğunun göstergesidir. Aynı şekilde gebelik sürecinde koyunlara hastalık bulaştığında sadece konjenital geçiş riski oluşmuştur. Dahası koyunlar daha da fazla enfeksiyona maruz kalırlarsa kronik enfeksiyonun doğuştan geçişi engellediği düşünülmüştür. Ancak bir çalışmada konjenital geçişin koyunlarda sürüler halinde gerçekleştiği her zaman tek bir durumda olmadığını gösteriyor. Farelerde jenerasyonlar arası *T.gondii* 'nin doğuştan transmisyonu 1959'dan daha da öncesinde rapor edilmiştir. Fakat fare soy bağımlılığı o zamandan beri gösterilmiştir. Bu da konjenital geçişi engellemede, farelerin yeteneğinin genetik bir içeriğinin olduğunu göstermektedir. Bu yüzden kronik olarak bulaştırılmış BALB/c fareleri gebelik sürecinde *T.gondii*'ye tekrar maruz kalsalar bile yavrularına hastalığı bulaştırmamışlardır. Doğuştan gelen hastalıkları önlemede bağışıklık tepkisinin çeşitli içeriklerinin rolü üzerine çalışmak insanlarda zordur (16).

T.gondii enfeksiyonları gebelik esnasında bir yan etki olabilir

Gebelik sırasında ortaya çıkan *T. gondii* enfeksiyonları, görünüşte sağlıklı olan gebelerde fetüse bulaşma riski taşır ve sonuçları trimester dönemine göre değişiklik gösterebilir. İlk trimesterde enfeksiyon, düşük riskini önemli ölçüde artırırken, bu risk ikinci ve üçüncü trimesterde de devam eder. Ancak, düşük riski ilk trimesterde daha yüksektir. Buna karşılık, doğuştan enfeksiyon riski gebelik sürecinin ilerlemesiyle artar. Bu oran, birinci trimesterde %25, ikinci trimesterde %54 ve üçüncü trimesterde %65'e kadar çıkabilir (16).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Gebelik haftası ilerledikçe fetüste konjenital enfeksiyon riski artsa da, fetüste meydana gelen hasarların şiddeti azalma eğilimi gösterir. Konjenital toksoplazmoz, ilk trimesterde spontan düşükler, ölü doğumlar ve erken doğum gibi sonuçlara yol açabilir. Ancak annenin tedavi edilmesi durumunda konjenital enfeksiyon riskinin %60 oranında azaldığı bildirilmiştir. Erken tedavi edilmeyen vakaların %85'inde gelişme geriliği veya ileri yaşlarda koryoretinit gibi komplikasyonlar gelişebilmektedir (5).

Konjenital toksoplazmozda en sık tutulan organ gözlerdir. Uveada melanin pigment dağılımının bozulması ve retinada sarı-beyaz renkli ödemli retinitis bulguları tespit edilebilir. Gebeliğin erken dönemlerinde enfeksiyon geçirenlerde mikroftalmi ve optik sinir atrofisi gibi gözle ilgili ciddi hasarlar oluşabilir. Ayrıca iç kulak tutulumu, yaşayan çocuklarda sağırlık gelişimine neden olabilir. İskelet kasları ve miyokard da enfeksiyona sıklıkla katılır. Akciğerlerde viral pnömoniyi andıran orta dereceli pnömonitis bulguları tespit edilebilir. Karaciğer genellikle büyür ve safra stazı, ekstramedüller kan yapım odakları, nadiren distrofik kalsifikasyon ve portal fibrozis gibi patolojik değişikliklere uğrayabilir. Buna karşılık, pankreas, genital organlar, üriner sistem ve gastrointestinal sistem genellikle enfeksiyondan etkilenmez (17).

Nörolojik komplikasyonlar arasında epilepsi, psikomotor gerilik ve zihinsel gerilik yer alır. Bu belirtiler doğumdan hemen sonra ortaya çıkmayabilir; haftalar, aylar hatta yıllar sonra görülebilir. Yenidoğanların yaklaşık %75'i doğum sırasında asemptomatiktir. Ancak yenidoğanda hidrosefali, intrakraniyal kalsifikasyonlar, koryoretinit (klasik triad), ateş, hipotermi, kusma, anemi, sarılık, döküntü, trombositopeni kaynaklı peteşiler, ensefalit, pnömoni, mikrosefali, mikroftalmi, sağırlık, lenfadenopati ve hepatosplenomegali gibi bulgulara rastlanabilir (5).

T.gondii enfeksiyonlarının gebelik üzerindeki ters etkileri

İnsanlara nispeten farelerdeki gebelik süreci kısa olmasına rağmen BALB/c modelinde birçok benzerlikler gözlemlenmektedir. İlk tremester sürecindeki enfeksiyon normal olarak ya düşük ya da fetüsün emilimine neden olur. Ancak 2.tremesterda enfeksiyon normal olarak yavruların ortalama %50'sine bulaşır. Th1 etkisini uyarmak için T.gondii'nin yeteneği Th2 bias düşük olduğunda ilk tremester sürecinde düşüğe sebep olmak için yeterli olabilir. 3.tremesterda gebelik güçlü bir Th2 kutuplaşmasına sebep olduğundan bu uyarılmış Th1 tepkisinin *T.gondii* karşı tepkisi olabilir ve düşüğü engelleyebilir (16).

Konjenital enfeksiyonlarda immün cevap düşüklerdir

Doğuştan enfekte olmuş insanlar, gözlemlenen erişkinlerle kıyaslandığında *T.gondii* 'ye immün cevabında bir azalma gelişir. *T.gondii*'ye immün cevabın bir derece bozulması halinde, doğuştan enfekte olanların yaşamlarının kalıcılığı muhtemel olur. Tekrarlayan oküler hastalıklar doğuştan enfekte olmuş insanlarda yaygındır. Şuan konjenital hastalıklar yüzünden oluşan oküler hastalıkların hepsinin farkedilmemesine rağmen, *T.gondii* hastalığı kazanmış erişkin insanlarda tekrarlayan oküler hastalık oldukça nadirdir (16).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TANI

Klinik olarak belirtilerinin çok farklı değişkenlere sahip olduğundan ve hastalığın kendine özgü karakteristik bir bulgusu olmamasından dolayı öncelikle toksoplazmozdan şüphe edilmelidir. Hasta, bulaş kaynakları ve risk faktörleri açısından dikkatle araştırılmalıdır. Toksoplazmozdan şüphe duyulması halinde etken izolasyonu ve serolojik testler yapılmalıdır.

Tanı yöntemleri olarak aşağıdakiler uygulanmaktadır:

1. Direkt tanı:

- Etkenin izolasyonu
- Etkenin genomik yapısının saptanması
- Etkenin histopatolojik olarak dokuda gösterilmesi

2. İndirekt tanı:

T. gondii'ye karşı antikor tespit etmeye yönelik yapılan serolojik testlerdir. Piyasada toksoplazma parazitinin antikorlarını bulmaya yönelik çeşitli ticari kitler vardır. Kullanılan testler ELISA IgG ve M, Sabin-Feldman Boya testi (SF), indirekt floresan antikor testi (IFAT), lateks aglütinasyon testi, direkt aglütinasyon testi ve mmunosorbent agglutinasyon assay (ISAGA) IgM'dir. Ayrıca antikor bağlanma gücünü ile enfeksiyonun zamanını destekleyen avidite testleri de kullanılmaktadır (5).

KORUNMA ve KONTROL

Bu enfeksiyon ciddi ölümlere, bakım maliyetlerine, üretimin azalmasına ve can yanmasına sebep olur. Bu enfeksiyondaki patojenleri ve koruyucu mekanizmayı anlamak bu hastalığı önlemek için stratejiler geliştirmeye yardımcı olacaktır (16).

İnsanlarda korunma

Enfeksiyon kontrolü için hijyen, pişirme alışkanlıkları ve veteriner hizmetleri konularında farkındalığın artırılması gerekmektedir. Ayrıca, vahşi yaşam ve evcil hayvanlar arasındaki enfeksiyon geçişine yönelik izleme sistemleri kurulması önemlidir (18). İmmünyetmezliği olan ya da immün sistemi baskılanmış hastalarda ve seronegatif gebe kadınlarda korunma çok büyük önem taşımaktadır. Çiğ veya az pişmiş et ve çiğ etten yapılmış ürünlerin yenmemesi önerilmektedir. Etin 66 ºC'nin üzerinde en az 4 dakika pişirilmesi ve -20 ºC'de 24 saat dondurulması ile doku kistlerinin öldüğü gösterilmiştir. Çiğ et ve sebzelerle temastan sonra ellerin yıkanması önemlidir. Ookistlerin bulunma olasılığı olan sebze ve meyvelerin iyice yıkanması önerilmektedir. Çiğ yumurta yemekten ve pastörize olmayan süt içmekten

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sakınılmalıdır. Suda 5 dakika kaynatılmış ve sahanda 3 dakika pişirilmiş yumurtada canlı parazit bulunabildiği bildirilmiştir. Sahipsiz sokak kedilerinin barınaklara alınarak izole edilmesi ve kedilerle sıkı temastan kaçınılması önerilmektedir. Su ve sebzelerin, kasaplık hayvan yemlerinin kedi dışkısı ile kirlenmesini önlemek için gerekli özen gösterilmelidir. Ookistlerin, suda 5 dakika kaynatıldığında öldüğü gösterilmiştir. Organ transplantasyonu sonrası immün sistemi baskılanmış olan hastalarda lökositten zengin kan ve kan ürünleri transfüzyonu sonucu toxoplazmoz gelişiminin ölümcül olduğu bildirilmiştir. Profilaksi amacıyla pyrimethamine 25 mg/gün, altı hafta süreyle kullanımı önerilmektedir.

Konjenital toxoplazmoz, henüz mevcut koruyucu bir aşısı olmamasına rağmen önlenebilir bir hastalıktır. Bu yüzden ilgili doktorların sorumluluğunda, gebe kadınların enfeksiyondan korunması için eğitilmeleri gerekmektedir. Sistematik serolojik tarama programına uygun testler kullanılmalı ve sonuçlar doğru olarak yorumlanmalıdır. Özgül IgG ve IgM antikor sonuçlarına göre gebe kadınların izlenmeleri önerilmektedir. Doğum öncesi tanı yöntemlerinin uygun kullanımının, klinik olarak belirgin konjenital toxoplazmoz insidansını önemli derecede azalttığı bildirilmiştir (11).

Hayvanlarda korunma

Köpek ve kedigiller de dahil tüm karnivor hayvanların çiğ et ve et ürünleri, sakatat ve kemik yemelerinin engellenmesi gerekmektedir. Özellikle kedi sahiplerinin kedilerini çiğ karaciğerle besleme alışkanlıkları toxoplasmosis bakımından büyük risk oluşturmaktadır. Kediler için fare, rat, tavşan, kuşlar önemli enfeksiyon kaynağı olup, bu sebeple kedilerin avlanarak beslenmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir (1). Etle bulaşık olan alet ve malzemelerin de sabunlu sularla yıkanması gerekir. Hayvanlara verilen etler 67 ºC'de pişirilmelidir. Kediler kuru, pişmiş ve konserve yiyeceklerle beslenmeli, sebze ve meyveler çok iyi yıkanmalı, çiftliklerde ölen hayvanlar hemen ortadan kaldırılmalı, hayvanat bahçelerinde kedi ve kedigillerin kafesleri ve kullanılan kürek, süpürge gibi aletler düzenli olarak 67 ºC'lik suda 10 dakika süre ile düzenli aralıklarla yıkanmalı veya otoklavlanmalıdır. Hayvan bakıcıları maske kullanmalıdır. Kedigillerin dışkıları günlük olarak temizlenmelidir (11, 19).

KAYNAKLAR

1. Dumanlı N, Aktaş M, Altay K. Toxoplasmosis. In: Özcel MA, İnci A, Köroğlu E ve ark. (ed.'ler). Veteriner Hekimiğinde Parazit Hastalıkları, İzmir:Türkiye Parazitoloji Derneği Yayını No:24, 2013. p:1095-1099.
2. Gürüz Y, Özcel MA. Toxoplasmosis. Özcel'in Tıbbi Parazit Hastalıkları. Özcel MA, editör. İzmir: İzmir Parazitoloji Derneği, Metabasım; 2007. p.141-89.
3. Pullukçu H. Toksoplazmoz. Kurt H, Gündeş S, Geyik MF, editörler. Enfeksiyon Hastalıkları. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2013.p.419-23.

4. Yalçın A, Serin D, Alagöz G, Kükner Ş. Akut Toksoplazmik Üveit. Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2007, 16. p. 127-129.

5. Pullukçu H. Toksoplazmoz. Turkiye Klinikleri J Inf Dis-Special Topics 2015;8(2):p.41-49.

6. Akarsu GA. Toksoplazmoz Tanısı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 2008, 61 (3). p.180-190.

7. Pullukçu H. Toksoplazmozis. Taşova Y, Arman D, editörler. Gebelik ve İnfeksiyon. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi; 2015. p.455- 76.

8. Remington JS, McLeod R, Thulliez P,Desmonts G. Toxoplasmosis. In: Remington JS, Klein J, eds. Infectious diseases of the fetus and newborn infant. 5thed. Philadelphia, Pa: W.B. Saunders; 2001. p.205-346.

9. Montoya JG, Liensenfeld O. Toxoplasmosis. Lancet 2004;363(9425):p.1965-76.

10. Çelebi S, Öcal M. Toksoplazmozis. Güncel Pediatri 2004;2:152-156.

11. Hökelek M, Açıcı M. Toxoplasmosis. .In: Doğanay M, Altıntaş N, (ed'ler). Zoonozlar, Bilimsel Tıp Yayınevi, 2009, Ankara, p: 803-830.

12. Aktaş M, Dumanlı N, Babür C, Karaer Z, Öngör H. Elazığ yöresinde Gebe ve Yavru Atmış Koyunlarda Sabin-Feldman (SF) Testi ile *Toxoplasma gondii* yönünden Seropozitiflik Oranının Belirlenmesi. Turk J Vet Anim Sci;24 (2000):239-241.

13. Leblebicier A, Yıldız K. Silopi'de Koyunlarda *Toxoplasma gondii*'nin Yaygınlığının İndirekt Floresans Antikor Testi (IFAT) ile Serolojik Olarak Belirlenmesi. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 2014; 38:1-4.

14. Akkan HA, Tütüncü M, Karaca M, Çiftçi İH, Yüksek N, Ağaoğlu Z. Van yöresinde Atlarda *Toxoplasma gondii*'nin Seroprevalansı. YYÜ. Vet. Fak. Derg. 2001, 12 (1-2):43-44.

15. Kennerman E, Kaya G, Gazyağcı S, Babur C, Kılıç S. Bursa Bölgesindeki sığırlarda Toxoplasmosisin Serolojik Tanısı ve Anti-Toxoplasma gondii Antikor Seroprevalansının Belirlenmesi. Vet. Bil. Derg. (2006), 22, 1-2: 45-49.

16. Roberts CW, Prasad S, Khaliq F, Et al. Adaptive Immunity and Genetics of the Host Immune Response. In: Louis Weiss LM, Kim K, eds. *Toxoplasma gondii* 2014. Elsevier Ltd.China 2014.p.821-967.

17. Uludağ S, Madazlı R, Şen C, Ocak V. Gebelik ve Toksoplazmozis'de Klinik Yöntem. Perinatoloji Dergisi 1993.1: 165-169.

18. Omonijo AO, Kalinda C, Mukaratirwa S. *Toxoplasma gondii* infections in animals and humans in Southern Africa: A systematic review and meta-analysis. Pathogens, 2022;11(2), 183.

19. Stelzer S, Basso W, Benavides J, Ortega-Mora LM, Maksimov P, Schares G. *Toxoplasma gondii* infection and toxoplasmosis in farm animals: Risk factors and economic impact. *Food and Waterborne Parasitology*, 2019;15, e00037.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DİJİTAL EBEVEYNLİK İLE İLGİLİ LİTERATÜRE YANSIYANLAR VE PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLLERİ

MSc. Büşra Nur SARI

Karaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi,3.Basamak Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi

saribusranur3@gmail.com , ORCID: 0000-0003-0868-1501

Prof. Dr. Ayşe Sonay TÜRKMEN

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi

asonaykurt@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3716-3255

Öz: Bu çalışma dijital ebeveynlik ile ilgili literatüre yansıyanları ve pediatri hemşiresinin rollerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Günümüzde dijital kültürün giderek yaygınlaşması ile birlikte özellikle çocuklar vakitlerinin büyük bir kısmını siber alanlarda geçirmektedir. Bu bağlamda bakıldığında çocukları teknolojinin risklerinden korumak için ebeveynlere büyük sorumluluklar düşmektedir. Çocukların yaşına ve gereksinimine göre, teknolojinin sağladığı avantajlar ve teknolojinin riskleri göz önünde bulundurularak dijitali doğru ve etkili kullanma becerileri kazandırılmalıdır. Ebeveynlere dijital ebeveynlik becerilerinin kazandırılması pediatri hemşireliğinin değişen ve gelişen rolleri arasındadır.

Bu becerinin kazandırılmasının yanı sıra ebeveynler çocuklarının ekran denetimini yeterince sağlayamadığı zaman, çocukların her anını sosyal medyada paylaşmaları sonucunda bir istismarcı tarafından çocuğun çevrimiçi cinsel istismara maruz kalmasına neden olabiliyor. Bu durum da teknolojik ihmal ve istismarın örneklerinden biridir. “Shareting (paylaşan ebeveynlik)” sonucunda ebeveynler kendilerini çok iyi hissetseler bile, çocukların gelişimsel ve ruhsal bozukluklar yaşamasından, dijital kimlik hırsızlığına kadar varan olumsuz sonuçlar yaşamasına sebep olabilmektedir. Ebeveynler bu konularda daha dikkatli ve duyarlı olmalıdırlar.

Sonuç olarak dijital dünyanın taşıdığı riskler çocuk sağlığını olumsuz etkilediği için pediatri hemşireleri teknolojiye bağlı gelişmeleri yakından takip etmeli ve sağlıktan sapma durumlarını en kısa zamanda tespit edip müdahele edebilmelidir. Pediatri hemşireleri araştırmacı, eğitici ve savunuculuk rollerini kullanarak ebeveynlere dijital ebeveynlik becerileri kazandırmalıdırlar ve bu becerileri desteklemelidirler. Tüm ebeveynler olmak üzere özellikle ileri yaş, çocukları ile iletişimi zayıf olan ve teknolojiyi kullanma becerisi iyi olmayan ebeveynlerin dijital ebeveynlik konusunda eğitim ve danışmanlık alması sağlamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Dijital ebeveynlik, pediatri hemşiresi, çocuk

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

LITERATURE ON DIGITAL PARENTING AND THE ROLE OF THE PEDIATRIC NURSE

MSc. Büşra Nur SARI

Karaman Training and Research Hospital, 3rd Level Surgical Intensive Care Unit

saribusranur3@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0868-1501

Prof. Dr. Ayşe Sonay TÜRKMEN

Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences

asonaykurt@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3716-3255

Abstract: This study was conducted to examine what is reflected in the literature on digital parenting and the roles of pediatric nurses. Today, with the increasing prevalence of digital culture, especially children spend most of their time in cyber spaces. In this context, parents have great responsibilities to protect children from the risks of technology. According to the age and needs of children, they should be provided with the skills to use digital correctly and effectively, taking into account the advantages and risks of technology. Providing digital parenting skills to parents is among the changing and developing roles of pediatric nursing.

In addition to gaining this skill, when parents cannot adequately control their children's screens, sharing every moment of their children on social media can cause the child to be exposed to online sexual abuse by an abuser. This is one of the examples of technological neglect and abuse. As a result of “shareting” (sharing parenting), even if parents feel very good about themselves, it can cause children to experience negative consequences ranging from developmental and mental disorders to digital identity theft. Parents should be more careful and sensitive about these issues.

In conclusion, since the risks of the digital world negatively affect child health, pediatric nurses should closely follow technology-related developments and should be able to detect and intervene in cases of deviation from health as soon as possible. Pediatric nurses should provide parents with digital parenting skills and support these skills by using their roles as researchers, educators and advocates. All parents, especially older parents, parents who have poor communication with their children and parents who do not have good technology skills should receive training and counseling on digital parenting.

Keywords: Digital parenting, pediatric nurse, child

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Teknolojideki ilerlemeler birlikte dijital dünyadaki değişimleri de beraberinde getirmektedir. Bu değişiklikler, insanların hayatını sosyokültürel ve siyasal alanlarda birçok farklı açıdan etkilemektedir. Dijital dünyada yaşanan bu değişim ve gelişmelerin önümüzdeki yıllarda da devam edeceği öngörülmektedir (Kuyucu, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından hane halkı bilişim teknolojileri 16-74 yaş kullanımına ilişkin temel göstergeler araştırma sonuçlarına göre internet erişimine sahip hane oranı 2013 yılında %49,1 iken, 2023 yılında %95,5 olduğu görülmektedir (Anonim, 2023a). Aynı şekilde düzenli internet kullanan bireylerin sayısının 2013 yılında %39,5 iken, 2023 yılında %87,1 olmuştur. TÜİK verilerinden de anlaşılacağı gibi gün geçtikçe insanlar dijital dünyanın imkanlarını daha çok kullanmakta ve dijital dünyadan etkilenmektedirler. Hatta dijitalleşmeye karşı olan insanlar bile banka, alışveriş ve iletişim gibi yaşamlarının pek çok alanında, bu dünyanın avantajlarından ve imkanlarından faydalanmaktadırlar (Küçükvardar ve Tıngöy, 2018; Taipale ve Hanninen, 2018; Darinskai ve Moskvicheva, 2019).

Teknoloji alanındaki değişim ve gelişmelerin kuşaklar üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda, teknolojiyle iç içe büyüyen ve çeşitli isimlerle anılan (Uzun, 2016), "Z kuşağı" (Twenge ve ark., 2010), "Net kuşağı" veya "Dijital yerliler" olarak bilinen 2000-2020 yılları arasında doğmuş olan bu kuşak, dijital çağda yaşamaktadır ve bu çağa uyum sağlamıştır. Dijital çağın bir parçası olan Z kuşağı, teknoloji odaklı bir yaşam tarzına sahip, sosyal medyayı aktif olarak kullanan, yüksek teknoloji iletişimi döneminde yaşayan, sorunlarını teknolojiyi kullanarak çözme yeteneğine sahip ve sürekli bağlantıda olan bir kuşaktır (Erten, 2019).

Literatürde son kuşak olarak kabul gören kuşak, 21. yüzyılın yani teknolojinin ve dijital dünyanın içine doğan alfa kuşağıdır. 2010 yılı ve sonrası dünyaya gelenler Alfa Kuşağı olarak isimlendirilmektedir. Bu kuşağın başlangıç tarihi olarak 2010 yılının baz alınmasının sebebi, dijital çağa damgasını vuran icatların ve uygulamaların birbirine yakın tarih aralıklarıyla bu dönemde gerçekleşmesidir. Bu dönemde, ilk nesil IPAD kullanıma sunulmuş ve “Instagram” yeni bir sosyal ağ olarak yayılmaya başlamıştır (McCrindle, 2020). Alfa kuşağının büyük bir çoğunluğu zamanlarını doğadan uzak ve teknolojiyle iç içe geçirmektedirler. Alfa kuşağı çocuklar daha çok bireysel oyun oynamaktadırlar ve oyun kurma becerileri önceki kuşaklarla karşılaştırıldığında daha zayıftır. Alfa kuşağının okula giden çocukları ise yaşanan “Covid-19” Pandemisi nedeniyle eğitimlerine artık evlerinde çevrimiçi olarak devam etmişlerdir. Bu da onları evlerine daha da bağlı hale getirerek yaşıtları ile etkileşimlerini azaltmıştır (Güzel, 2021).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Dijital dünyada büyüyen çocukların siber sağlıklarını korumasında ve geliştirmesinde ebeveynlere düşen rol büyüktür. Ebeveynlerin teknoloji çağının getirdiği şartlarla değişen rolleri ile birlikte "internet ebeveyni", "siber ebeveynlik" ya da "çevrimiçi ebeveyn" olarak da ifade edilen dijital ebeveynlik rollerini de öğrenmeleri gerekmektedir (Kaya ve Mutlu Bayraktar, 2021). Ebeveynlerin büyük çoğunluğu çocuklarının internette hangi platformları ziyaret ettiğini ve bu platformlarda ne kadar süre geçirdiğini sorgulamadan, yalnızca teknolojik cihazlara ulaşımını sınırlandırarak çocuklarını siber alanın tehditlerine karşı koruduğunu düşünmektedir. Fakat bu bakış açısı tek başına yeterli olmamakta, işe yaramamakta, çocuk ve gençlerin siber zorba veya siber mağdur olmalarını önleyememektedir (Özsoy ve Atılgan, 2018). Bu sebeple ebeveynler dijital yetkinliklerini geliştirmelidirler.

2. DİJİTAL EBEVEYNLİK

Günümüzde hayatımızın tam orta yerine yerleşen, çocukları ekran başına kilitleyen dijital kültür çocukların siber alanlarla içi içe bir çocukluk yaşamasına sebep olmaktadır. Çocukların kullandıkları teknolojiler sürekli değiştiği için ebeveynler bu değişimlere ayak uydurmalıdırlar. Çocukların dijital dünyadaki bilgi ve beceriden yoksun bırakılmadan en doğru şekilde bilinçli kullanımını sağlamak ebeveynlerin sorumluluğundadır (Biricik, 2021). Teknolojinin risklerinden dolayı uzak durmak veya tamamen yasaklamak uzun vadede yarar sağlamayacaktır. Bu nedenle yasaklamadan risk ve sunduğu imkânlar değerlendirilerek, çocuğun yaşına ve gereksinimine uygun teknolojik cihazın kullanımı düzenlenmelidir. Bu dijitali doğru ve etkin kullanma bilinci oluşturulması ebeveynlerin sorumlulukları arasındadır. Ebeveynlerin teknoloji çağının getirdiği şartlarla değişen rolleri ile birlikte "internet ebeveyni", "siber ebeveynlik" ya da "çevrimiçi ebeveyn" olarak da ifade edilen dijital ebeveynlik rollerini de öğrenmeleri gereklidir (Kaya ve Mutlu Bayraktar, 2021). Ebeveynlerin geneli çocuklarının internette nerelerde gezindiği, hangi platformlarda vakit geçirdiğini sorgulamadan, kullanım süresini veya dijital cihazlara erişimini kısıtlayarak çocuklarını dijital alanın tehditlerine karşı koruduğunu düşünmektedir. Fakat bu bakış açısı genel olarak bakıldığında işe yaramamakta, çocuk ve gençlerin siber zorba veya siber mağdur olmalarını önleyememektedir (Özsoy ve Atılgan, 2018). Bu sebeple ebeveynler dijital yetkinliklerini geliştirmelidirler.

Dijital ebeveynlik "Dijital çağın gereksinimlerine göre hareket eden, dijital araçları kullanabilen, dijital ortamlardaki olanakların farkında olan ve çocuğunu bu ortamlardaki risklere karşı koruyabilen, gerçek hayatta kişilik haklarına saygı duyulduğu gibi sanal ortamda da aynı şekilde davranılması gerektiğini çocuğuna aktaran ve teknolojik gelişmeleri takip eden

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ebeveynler" olarak tanımlanmıştır (Yurdakul ve ark., 2013). Dijital ebeveynliğin genel amacı çocukları çevrimiçi ortamlardaki tehditlere karşı korumak ve çocuklarına örnek olarak dijital dünyada nasıl davranmaları gerektiğini göstermektir (Zeybekoğlu ve ark., 2020). Yurdakul ve ark. (2013) dijital ebeveynlerin rollerini; dijital okuryazarlık kazanma ve kazandırma, dijital dünyanın farkında olma, dijital ortamda kontrol sahibi olma, dijital etik kuralları uygulama ve yenilikçilik olarak belirtmişlerdir. Dijital okuryazarlık; Ribble tarafından "teknoloji ve teknoloji kullanımı hakkında öğretme ve öğrenme süreci" olarak tanımlanmıştır. Dijital okuryazarlık internet ortamında bilgiye ulaşmanın ötesinde edinilen bu bilginin günlük yaşantıda kullanılabilmesini kapsamaktadır. Bunun yanında internet ortamında mahremiyet ve güvenlik konularına hâkim olmayı da içerir. Dijital okuryazar bir ebeveyn hem teknolojik araç ve gereçleri kullanabilmeli hem de dijital alandaki ulaştıkları bilgilerin doğruluğunu sorgulayabilmeli paylaşabilmeli, bu alanın tehditlerini ve risklerini fark edebilmelidir (Karabacak ve Sezgin, 2019). Dijital Etik; İnternet ortamındaki davranış standartlarıdır. Çevrimiçi ortamda iletişimin nasıl olması gerektiğini diğer internet kullanıcılarına nasıl davranılması gerektiğini ve karşılaşılan etik sorunlardan nasıl korunmak gerektiğini içerir (Ribble, 2015).

Dijital ortamda etik davranışlar arasında diğer insanlara saygı duymak, siber zorbalıktan kaçınmak, diğer insanlar üzerinde olumsuz etki bırakmadan interneti kullanmak sayılabilir (Sari ve ark., 2020). Siber zorbalığı önlemede dijital ebeveynlerin; dijital okuryazar olmaları, internette etik davranışları benimsemeleri ve çocuklarına aktarmanın yanında dijital dünyanın avantaj ve dezavantajlarının farkında olması beklenmektedir. İnternetin iletişimi kolaylaştırması ve günlük yaşamdaki birçok işin daha hızlı yapılması avantajlarıdır ancak siber zorbalık ve siber mağduriyet gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Dijital dünyada kontrol; teknoloji çağının ebeveynlere getirdiği sorumluluk çocuklarının yalnızca teknolojiye erişimini sağlamak değil etkin yararlı ve güvenli kullanıp kullanmadığını desteklemektedir (Abdul Rahman ve ark., 2020).

Ebeveynin çocuğunun teknolojiyi nasıl kullandığını, hangi sosyal platformlarda gezdiğini, kişisel bilgilerini paylaşıp paylaşmadığını ve tanımadığı kişilerle arkadaşlık kurup kurmadığını takip etmelidir. Yenilikçilik, hızlı gelişen teknolojiye dönemsel olarak uyum sağlayamayan ebeveynlerin teknik gelişmeler, güvenlik programları ve araçları hakkında ve çocuklar arasında popüler içerik hakkında temel bilgiye ve beceriye gereksinimleri vardır. Yani ebeveynler yenilikçi olmalı ve bu değişimlere uyum sağlamalıdırlar (Yurdakul ve ark., 2013).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

12-17 yaş çocuğa sahip olan annelerin dijital ebeveynlik tutumları ile aile-çocuk internet bağımlılığı arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmanın sonuçlarına göre; annelerin yarısından çoğunun günde 0-2 saat aralığında teknolojik cihaz kullandığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaya katılım sağlayan annelerin çocuklarının ise yaklaşık dörtte birinin günde 2-4 saat aralığında; beşte birinin de 6 saat ve üzeri teknolojik cihaz kullanımının olduğu saptanmıştır. Ayrıca araştırmaya katılan hemen hemen her annenin bir telefonu, her çocuğun da bilgisayar, laptop veya tabletinin olduğu söylenebilmektedir. Çocukların teknolojik cihazı kullanma sebeplerine bakıldığında ise online dersler ilk sırada yer almaktadır. Sonra oyun oynamak ve video izlemek sıralamayı takip etmektedir. Anne babaların eğitim durumu ile çocukların ve annenin teknolojik cihaz kullanım süreleri, internet kullanım kurallarına, çocuk koruma kilidine sahip olma, herhangi bir teknolojik cihaza sahip olma arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Arıcı Doğan ve Döğer, 2023).

Akay ve Kayılı'nın (2023) yaptığı çalışma sonucunda ebeveynlerin dijital ebeveynlik tutumu ile ergenlerin internet bağımlılığı düzeyleri arasında pozitif anlamlı ilişki olduğu saptanmıştır. 17-18 yaş grubu ergenlerin duygularını yönetme becerileri ile ebeveynlerinin dijital ebeveynlik tutumu arasında negatif yönlü orta düzeyde anlamlı ilişki saptanmıştır.

Çelikbaş'ın (2023) yaptığı çalışma sonucunda annenin internet bağımlılığı arttıkça çocuğun da internet bağımlılığının o düzeyde arttığı saptanmıştır. Anneler internette geçirdikleri süre bakımından çocuklarını etkilemektedirler. Annenin dijital farkındalığının artması çocuğun algılanan internet bağımlılığını etkilemektedir. Aile – çocuk internet bağımlılığı düzeyi ile annenin eğitim düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Ebeveynlerin zihinsel refahı ve sosyodemografik özellikleri ile dijital ebeveynlik farkındalığı arasındaki ilişkileri açıklamayı amacıyla yapılan çalışma sonucunda; ebeveynlerin zihinsel refahı, dijital ebeveynlik farkındalığıyla orta düzeyde ve anlamlı ilişki saptanmıştır. Ayrıca ebeveynlerin internet kullanım yıllarının fazla olması, eğitim ve gelir düzeylerinin yüksek olması, genç olmaları ve çocuklarının dijital araçları gereksiz kullandığı algısı dijital ebeveynlik farkındalığı ile olumlu yönde ilişkilidir (Pazarcıkcı ve ark., 2024).

Ergenlerin ebeveynleri, çocuklarının davranışları ve gelişimi ile ilgili çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Davranışsal ebeveyn eğitimi programları, olumsuz çocukluk deneyimlerini ve ergenlik dönemindeki diğer yaygın davranış sorunlarını azaltmak için etkili stratejiler olabilmektedir. İnternet, indirilen dijital içerik, kısa mesaj, tablet ve video görüşmesi

aracılığıyla sunulanlar da dahil olmak üzere dijital davranışsal ebeveyn eğitim programı erişilebilirliği önündeki engelleri (örneğin maliyet ve ulaşım) ortadan kaldırarak geniş bir ergen ebeveynleri kitlesine ulaşmak için eşsiz bir fırsat sunabilecektir (Morgan ve ark., 2023).

3. PEDİATRİ HEMŞİRESİNİN ROLLERİ

Çocuk sağlığını hava kirliliği, kazalar veya diğer travmalar, temiz içme sularına ulaşamama, madde ve diğer bağımlılıklar gibi birçok durum nasıl olumsuz olarak etkiliyorsa dijital dünya ve beraberinde getirdiği birçok durum da olumsuz etkilemektedir. Çocukları dijital dünyanın taşıdığı bu risklerden koruma noktasında ebeveynlere ve topluma düşen rol büyüktür (Özdemir ve Akar, 2011). Çocuklar ebeveynlerinin bilgilerine ve deneyimlerine ihtiyaç duyarlar. Ebeveynlerin çocuklarına destek olmaması durumunda çocuklar biyopsikososyal zararlar görebilirler ve ebeveynlerin ihmali sonucu istismara maruz kalabilirler (Karaman ve Ayhan, 2021). İşte tam da bu noktada çocuk sağlığı hemşirelerine önemli roller düşmektedir. Ebeveynlerin dijital yetkinliklerini geliştirmesinde ve dijital ebeveynlik rolünün kazandırılmasında pediatri hemşirelerine önemli roller düşmektedir. Pediatri hemşirelerinin var olan rollerine çağın getirilerine ayak uyduran toplumsal değişimlere uygun şekilde yenileri eklenmektedir (Şenol, 2018). İçinde bulunduğumuz dijital çağda ise pediatri hemşirelerine çocuk ve aile sağlığını dijital dünyanın risklerinden korumaya yönelik yeni görevler eklenmiştir. Çocukların sağlığını olumsuz etkileyebilecek internetin dezavantajlarından kaçınmasını sağlayarak interneti en sağlıklı şekilde kullanabilmesi amacıyla ebeveynlere dijital ebeveynlik becerisinin kazandırılması pediatri hemşireliğinin rolüdür (Yurdakul ve ark., 2013).

Pediatri hemşireliğinin temel hedefi çocuğun; aile ve toplum içinde, fiziksel, zihinsel, duygusal ve sosyal yönden sağlığını ve esenliğini koruma, geliştirme, hastalık durumunda ise iyileştirmeye yönelik kapsamlı hemşirelik bakımı sağlamaktır (Özdemir ve Akar, 2011). Bu doğrultuda çocuk sağlığını riske atabilecek her türlü konu pediatri hemşiresinin rolleri arasında yer alabilir. Teknolojinin gelişimi ve dijitalleşme ile birlikte çocuk sağlığını riske atan unsurlarda değişimler meydana geldiğinden pediatri hemşirelerinin de bu değişime ayak uydurması gerekmektedir (Şenol, 2018) Çocukların internetin sunduğu avantajları kullanabilmesi, sağlığını olumsuz etkileyen davranışlardan uzak kalmasını sağlamak amacıyla ebeveynlere dijital ebeveynlik becerisinin kazandırılması da pediatri hemşireliğinin rolüdür (Yurdakul ve ark., 2013).

Teknolojik ihmal ve istismar davranışları çok geniş bir spektrumda incelenmektedir. Çocuğun ekran denetiminin yapılmaması, ebeveynin işlerini rahatça yapabilmesi için çocuğu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

oyalamak adına çocuğu teknolojik cihazla baş başa bırakması, çocuğunun her anının fotoğraflarını sosyal platformlarda paylaşması, çocukla ilişkileri düzenlerken ödül veya ceza olarak sunulması gibi durumlar, bir istismarcı tarafından çevrimiçi cinsel istismara maruz kalması gibi davranışlar teknolojik ihmal ve istismara girmektedir (Karaman ve Ayhan, 2021). Hars ve arkadaşları ebeveynlerin bir kısmının teknolojiyi "dijital bir emzik olarak "kullandıklarını ifade etmişlerdir. Günümüzde çoğu zaman ebeveynler çocuklarını eğitimi için, araştırma yapması amacıyla teknolojik cihazlara yönlendirmektedirler. Aynı zamanda ebeveynler zaman zaman ev işlerini daha rahat yapmak, kendilerine vakit ayırmak, misafirliğe gittiklerinde çocukları tarafından rahatsız edilememek çocuklarını ağladıklarında susturmak, onları oyalamak, yemek yedirmek, oyun oynamaları için veya ödül olarak da çocuklarını teknolojik cihazlara yönlendirebilmektedirler (Aksoy, 2020; Darga, 2021).

Son zamanlarda güncel konulardan biri olan "sharenting" (paylaşan ebeveynlik), ebeveynlerin çocuklarının fotoğraflarını ve kişisel bilgilerini çevrimiçi alanlarda paylaşması da çocuk sağlığını olumsuz etkileyen durumlardan biridir. Ebeveynler çocuklarının fotoğraflarını paylaştıklarında her ne kadar iyi hissetseler de çocukta ruhsal ve gelişimsel bozukluklara, ebeveynin çocuğu ile ilişkisinin bozulmasına ve dijital kimlik hırsızlıklarına sebep olabilmektedir. Ebeveynlerin bu konuda daha duyarlı ve dikkatli olmaları gerekmektedir (Ayhan ve Öztürk, 2021). Pediatri hemşireleri, çocuğun bulunduğu her alanda sağlığı geliştirme faaliyetlerinin bir parçası olarak araştırmacı, eğitici ve savunucu rollerini kullanarak dijital ebeveynliğe yönelik farkındalık kazanmada ebeveynlere destek olabilirler (Kavitha ve ark., 2021).

Çeşitli etmenlerden dolayı ailelerin ebeveynlik dijital ebeveynlik farkındalıkları yetersizdir. Bu etmenlere örnek olarak; ebeveynin ileri yaşı, teknoloji kullanım süresinin artması ve aile içi iletişimin yetersiz olması verilebilir. Annenin babaya göre dijital ebeveynlik farkındalığı daha fazladır (Manap, 2021). Dijital ebeveynliği olumsuz etkileyen bu etmenleri bilen pediatri hemşireleri ebeveynlerin farkındalık kazanmasını sağlamak amacıyla, tüm ebeveynlere olmak üzere, ileri yaş, çocukları ile ilişkileri zayıf olan, teknoloji kullanım becerileri zayıf ebeveynlere eğitim ve danışmanlık hizmeti sağlamaktadır. Pediatri hemşiresi dijital ebeveynlik becerilerini desteklerler (Uludaşdemir ve Küçük, 2021).

Pediatri hemşiresi ebeveynlere çocuğunu siber zorbalığa maruz kalıp kalmadığını veya siber zorbalık yapıp yapmadığını anlamalarını sağlayacak ip uçları verirler. Pediatri hemşiresi çocuğunda siber zorbalık veya siber mağdur bulgusu gördüklerinde yapması gerekenler,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

çocuklarına yaklaşımlarının nasıl olması gerektiği ile ilgili gerekli bilgilendirmeler yaparlar. Örnek olarak siber mağdur olan çocuğa, kızgın olmadan sakin olarak siber zorbalık kanıtları toplaması ardından siber zorbaya karşılık vermeden vakit kaybetmeden engellemeli ve bu tür bir olayla karşılaştığı zaman ebeveynlerinden yardım istemesi gerektiği ve olayın gerçekleştiği platforma şikâyet etmesi gerektiği anlatılmalıdır. Aile çocuğunun siber zorba olduğunu fark ettiğinde; çocuğunun zorba olduğunu kabul ederek, yargılamadan, öfkelenmeden, çocuğunu korkutmadan, siber zorbalığı yapma nedeni ve nerede hangi siber alanda gerçekleştiğini öğrenmeli, hemen zorbalığa son vermesi gerektiği söylenmelidir. Ayrıca zorbalığa maruz kalan kişiyle empati yapması sağlanmalıdır (Hinduja ve Patchin, 2018). Medya okuryazarlığı eğitimi siber zorbalıkla mücadelede kilit nokta olmalı, siber zorbalıkta korunmak için sanal ortamları bilinçli kullanma konusunda farkındalık kazandırılmalıdır. Bireyler dijital ortamlarda saygı çerçevesi içerinde iletişim kurmaları ve sosyal sorumluluk alma konularında teşvik edilmelidir (Baştürk Akca ve ark., 2014).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada dijital ebeveynlik ile ilgili literatüre yansıyanları ve pediatri hemşiresinin rolleri ele alınmıştır. Dijital dünyadaki değişim ve gelişmelerin olumsuz etkilerinden çocukları koruyabilmek için ebeveynler teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeli, teknolojiyi doğru ve etkili kullanmayı öğrenebilmelidirler. Ebeveynler dijital okuryazarlık, dijital dünyanın farkında olma, dijital ortamda kontrol, dijital etik ve yenilikçilik gibi dijital ebeveynlik rollerini kazanmalıdırlar. Ebeveynlerin dijital ebeveynlik becerilerini kazanmasında pediatri hemşirelerine önemli roller düşmektedir. Pediatri hemşireleri araştırmacı, eğitici ve savunuculuk rollerini kullanarak ebeveynlere dijital ebeveynlik becerileri kazandırmalıdırlar ve bu becerileri desteklemelidirler. Tüm ebeveynler olmak üzere özellikle ileri yaş, çocukları ile iletişimi zayıf olan ve teknolojiyi kullanma becerisi iyi olmayan ebeveynlerin dijital ebeveynlik konusunda eğitim ve danışmanlık alması sağlamalıdır.

KAYNAKÇA

Kuyucu, M., Y Kuşağı ve Teknoloji: Y Kuşağının İletişim Teknolojilerini Kullanım Alışkanlıkları. Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi, 5(2), 845-872,2017.

Küçükvardar, M., ve Tıngöy, Ö.,Teknoloji Bağımlılığımın Semptomlar Temelinde İncelenmesi. *AJIT-e*, 9(35), 111- 123, 2018.

Taipale, S., ve Hanninen, R., More Years, More Technologies. *Aging in the Digital Era*, 14(3), 258-263, 2018.

Darinskaia, L., ve Maskvicheva, N., Intergenerational Education as a Resource of Digital Socialization of Older People. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 315, 448-451, 2019.

Uzun, Z., Z Kuşağı Öğrencilerinin Akıllı Cep Telefonu (Smartphone) Kavramına İlişkin Algılarının Değerlendirilmesi: Bir Metafor Analizi Çalışması. 1. Uluslararası Uzaktan Eğitim Araştırmaları Konferansı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2016.

Twenge, J. M., Campbell, S. M., Hoffman, B. J., ve Lance, C. E., Generational Differences in Workvalues: Leisure and Extrinsic Value Sincreasing, Social and Intrinsic Values Decreasing. *JOM*, 36(5), 1117-1142, 2010.

Erten, P., Z Kuşağının Dijital Teknolojiye Yönelik Tutumları. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 10(1), 190- 202, 2019.

McCrindle, M., Understanding Generation Alpha. McCrindle Research Pty Ltd, 2020.

Güzel, M., Alfa Kuşağıyla Birlikte Değişen Oyun Algısı: Dijital Oyuncaklar ve Ekran Bağımlılığı. JSHSR, 8(70), 1344-1355, 2021.

Kaya, İ., ve Mutlu Bayraktar, D., Türkiye'de Yapılan Dijital Ebeveynlik Araştırmalarına Yönelik Bir İçerik Analizi Çalışması. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(2), 1046-1082, 2021.

Özsoy, D., ve Atılgan, S. S., Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki 0-8 Yaş Grubu Çocukların İnternet Kullanımı ve Bu Kapsamda Ebeveyn Arabuluculuğu: Nitel Bir Araştırma. Selçuk İletişim, 11(2), 96-125, 2018.

Yurdakul, I. K., Dönmez, O., Yaman, F., ve Odabaşı, H.F., Dijital Ebeveynlik ve Değişen Roller. GAUN-JSS, 12(4), 883-89, 2013.

Karabacak, Z. İ., ve Sezgin, A. A., Türkiye'de Dijital Dönüşüm ve Dijital Okuryazarlık. Türk İdare Dergisi, 1(488), 319-343, 2019.

Ribble, M., Digital Citizenship in Schools: Nine Elements all Students should Know. International Society for Technology in Education, Washington DC. ISTE, 7(3), 15-32, 2015.

Sari, D., Rejekiningsih, T., ve Muchtarom, M., Students' Digital Ethics Profile in the Era of Disruption: An Overview. IJIM, 14(3), 82-93.

Abdul Rahman, N. A., Hussein, N., Rusdi, S. D., ve Abdul Aziz, Z. D. A. A., Factors Influencing Cyberbullying Behavior Among Malaysi Antertiary Students. ABRIJ, 6(2), 44-53, 2020.

Arıcı Doğan, D., ve Döğer, S. S., Annelerin Dijital Ebeveynlik Tutumları ile Aile-Çocuk İnternet Bağımlılığı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. İnternational Journal of Social Science and Education Research, 9(1), 1-14, 2023.

Akay, E., ve Kayılı, G., Dijital Ebeveynlik Tutumları ile Ergenlerde İnternet Bağımlılığı ve Duyguları Yönetme Becerileri Arasındaki İlişki. Çocuk ve Gelişim Dergisi, 6(11), 48-66, 2023.

Çelikbaş, E., *15-18 Yaş Çocuğu Olan Annelerin Dijital Ebeveynlik Farkındalığı ve İnternet Bağımlılığı Düzeyi ile Çocuğunun İnternet Bağımlılığı Düzeyi Arasındaki İlişki*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2023

Pazarcıkcı, F., Karataş, N., ve Kaya, A., The Relationships of Parents' Mental Well-Being and Sociodemographic Characteristics with Digital Parenting Awareness: Structural Equation Model Analysis. JPN, 75, 102–111, 2024.

Morgan, M. H. C., Huber-Krum, S., Willis, L. A., ve Shortt, J. W., A Literature Review of Digital Behavioral Parent Training Programs for Parents of Adolescents. The Official Journal of The Society for Prevention Research, 25(1), 155–174, 2024.

Şenol, S., Tarih Boyunca Pediatri Hemşiresinin Rol ve İşlevleri. Türkiye Klinikleri J Pediatr Nurs-Special Topics, 4(1),1-7,2018.

Karaman, H., ve Ayhan, H., Çocuğa Yönelik Teknolojik İhmal ve İstismar. Online Journal of Technology Addiction and Cyberbullying, 8(1), 43-59, 2021.

Ayhan, H., ve Öztürk, E., Dijital Dünyada Ebeveyn Olmanın Görünürde Normal Bir Yansıması Olarak Paylaşan Ebeveynlik (Sharenting): Geleneksel Bir Derleme. Turkiye Klinikleri Journal of Forensic Medicine and Forensic Sciences, 18(2), 165-177, 2021.

Aksoy, S.,Akıllı Cihazların Ebeveynler Tarafından Çocuk Bakımında Bir Bakıcı Olarak Kullanılması: Nitel Bir Araştırma. ASEAD, 7(11), 231-243, 2020.

Darga, H., Anasınıfına Devam Eden 5-6 Yaş Grubu Çocukların Evde Oynadıkları Dijital Oyunlar ve Ebeveynlerin Davranışlarının Belirlenmesi. JCER, 9 (17), 447-479, 2021.

Özdemir, M., ve Akar, F., Lise Öğrencilerinin Siber Zorbalığa İlişkin Görüşlerinin Bazı Değişkenler Bakımından İncelenmesi. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 17(4), 605–626, 2011.

Kavitha, K., and Sikandar, B. J., Digital Parenting: Issues, Challenges and Nursing Implications. JPSN, 12(3), 100-104, 2021.

Manap, A., ve Durmuş, E., Dijital Ebeveynlik Farkındalığının Aile içi Roller ve Çocukta İnternet Bağımlılığına Göre İncelenmesi. UEADER, 12(1), 141-156, 2021.

Uludasdemir, D., ve Küçük, S.,Siber Zorbalığın Önlenmesinde Önemli Bir Kavram: Dijital Ebeveynlik ve Pediatri Hemşireliği. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 4(3), 54-70, 2021.

Hinduja, S., ve Patchin, J. W., What To Do When Your Child Cyberbullies Others: Top Tips for Parents. Cyberbullying Research Center, 2018. https://cyberbullying.org/tips-for-parents-when-your-child-cyberbullies-others.pdf (erişim tarihi: 21.12.2024)

Baştürk Akca, E., ve Sayımer, İ., Siber Zorbalık Kavramı, Türleri ve İlişkili Olduğu Faktörler: Mevcut Araştırmalar Üzerinden Bir Değerlendirme. AJIT-e, 8 (30), 7-19, (2017).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DİJİTAL EBEVEYNLİK TERİMİNİN TEZ ÇALIŞMALARINA YANSIMASI

Prof. Dr. Ayşe Sonay TÜRKMEN

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi

asonaykurt@gmail.com, 0505 378 10 41 ORCID: 0000-0002-3716-3255

MSc. Büşra Nur SARI

Karaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi,3.Basamak Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi

saribusranur3@gmail.com , ORCID: 0000-0003-0868-1501

Öz: Bu çalışma dijital ebeveynlik kavramının tez çalışmalarında ele alınma sıklığını ve içeriğini incelemek amacı ile yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi arama motoru olarak değerlendirildi. Anahtar kelime olarak "dijital ebeveynlik" kelime grubu seçildi. Tarama sonucunda toplam 82 tez belirlendi.

Tez çalışmaları 2018-2024 yılları arasında yapıldığı görülmüştür. Bu tez çalışmalarının yıllar içerisinde artış gösterdiği 2024 yılında (n=29) ve 2023 yılında (n=24) en yüksek rakamlara ulaştığı görülmüştür. Tezlerin yürütüldüğü enstitü programlarına göre dağılımı değerlendirildiğinde tezlerin en fazla Psikoloji alanında (n=34), en az ise sağlık alanında (n=8) yürütüldüğü görülmüştür. Tez türü açısından dağılımda ise yüksek lisans tezlerinin 68, doktora tezlerinin 11, tıpta uzmanlık tezlerinin ise 3 adet yapıldığı görülmüştür. Tez çalışmalarında özellikle işlenen iki farklı terim olduğu görülmüştür. Bunlar "dijital ebeveynlik" ve "dijital farkındalık"tır.

Sonuç olarak dijital ebeveynlik çok yönlü, çocuk ve ebeveynlerinin sağlığını etkileyen önemli bir konu olmasına rağmen genellikle psikolojik boyutu ile ilgilenildiği ardımdan eğitim boyutuyla ele alındığı görülmüştür. Sağlık açısından incelemelerin ise çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle dijital ebeveynliğin etkilerinin en kalıcı olacağı tahmin edilen sağlık alanındaki etkileri ve çözüm önerilerine yönelik daha fazla tez çalışmasının yürütülmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital ebeveynlik, dijital farkındalık, dijital ortam

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REFLECTION OF THE TERM DIGITAL PARENTING ON THESIS STUDIES

Prof. Dr. Ayşe Sonay TÜRKMEN

Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences

asonaykurt@gmail.com, 0505 378 10 41 ORCID: 0000-0002-3716-3255

MSc. Büşra Nur SARI

Karaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi,3.Basamak Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi

saribusranur3@gmail.com , ORCID: 0000-0003-0868-1501

Abstract: This study was conducted to examine the frequency and content of the concept of digital parenting in thesis studies. For this purpose, the Thesis Center of the Council of Higher Education was used as a search engine. The word group “digital parenting” was selected as the keyword. As a result of the search, a total of 82 theses were identified. It was seen that thesis studies were conducted between 2018 and 2024. It was observed that these thesis studies increased over the years, reaching the highest numbers in 3024 (n=29) and 2023 (n=24). When the distribution of theses according to the institute programs in which they were conducted was evaluated, it was seen that the theses were conducted mostly in the field of Psychology (n=34) and the least in the field of health (n=8). In terms of thesis type, 68 master's theses, 11 doctoral theses and 3 medical specialty theses were conducted. It was observed that there were two different terms that were especially covered in the thesis studies. These are “digital parenting” and “digital awareness”. As a result, although digital parenting is a multifaceted and important issue affecting the health of children and their parents, it has been observed that it is generally dealt with the psychological dimension, followed by the educational dimension. It has been determined that the examination in terms of health is very low. For this reason, it is recommended that more thesis studies should be carried out on the effects of digital parenting in the field of health, where the effects of digital parenting are predicted to be the most permanent, and solution suggestions.

Keywords: Digital parenting, digital awareness, digital media

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

İnternet dünyaya açılan bir kapı olarak çocukların gelişimleri için birçok avantaj sunarken bir de madalyonun karanlık yüzünü oluşturan riskler vardır. Bu riskler içerisinde en temel risk unsuru kullanım riskleri, içerikle ilgili riskler, davranış ile ilgili riskler, çevrimiçi temas riskleri ve çevrimdışı temas riskleri olarak sınıflandırılmaktadır (Özkaya, 2023). Kullanım risklerine; çocukların fiziksel gelişimlerine (obezite gibi) ve ruh sağlığına olumsuz etkiler, psikososyal sorunlar ve kaygı bozuklukları, asosyallik, internet bağımlılığı ve kişilik bozuklukları örnek verilebilir (Gökel, 2020). İçerik riskleri; kışkırtıcı (şiddet içerikleri, nefret söylemleri, ırkçı söylemler ve cinsel içerikler) ve yanıltıcı içerikleri (yanlış/ zararlı bilgi paylaşımı ve bu bilgiye ulaşım) içinde bulundurur (Gündüz, 2015). Diğer çocuklara şiddet uygulamak, nefret dolu sözler söylemek, intihara teşebbüs etmek ve ırkçı provokasyonda bulunmak gibi eylemler ise davranışla ilgili risklerdir. Temas riskleri ise; çevrimiçi temas (mahremiyete müdahale, cinsel tehlike ve siber zorbalık) ve çevrimdışı temas (çevrimiçi başlayıp zamanla fiziksel temasa dönüşen riskler) risklerini içermektedir (Gökel, 2020).

Mertala'nın (2019) yaptığı çalışmada Çocukların internetin içinde barındırdığı risklere maruz kalmasında ebeveynlerin tutumu ve ekran süresinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Küçük yaşlardan itibaren aile bireylerinin kullanımı ile dijital medya sürecine dahil olan çocuklar, yıllar içerisinde kademeli olarak aktif kullanıcı haline gelmekte ve bu durum ile birlikte risklerin türü değişirken risklerle karşılaşma oranı da artmaktadır.

Dijital teknolojilerin çocuklar üzerindeki etkileri çok boyutlu olup, çocuğun bireysel özellikleri ile aile ve ebeveyn faktörlerinin bir etkileşimi sonucunda şekillenir. Teknolojinin bilinçli ve dengeli kullanılması, çocukların dijital ortamların sunduğu olanaklardan faydalanmasını ve risklerden korunmasını sağlayabilir. Bu nedenle, ebeveynlere çocukların dijital teknoloji kullanımı konusunda rehberlik etmek gerekir. Bu da pediatri hemşirelerinin değişen ve gelişen rollerinden biridir (Berglind ve Tynelius, 2017).

Dijital medya teknolojilerinin ebeveynlerin ve çocukların günlük yaşamının vazgeçilmez bir parçası haline geldiği söylenebilir. Ebeveynler, dijital cihazlarla zaman geçiren çocukları konusunda bazı endişeler taşısalar da çocukların eğlence, sosyalleşme, bilgiye ulaşma, eğitim gibi amaçlarla dijital medyayı kullanmaları günümüzde neredeyse kaçınılmaz bir hal almaktadır. Bu noktada risk ve olanakları göz önünde bulundurularak, çocuğun yaşına ve gereksinimlerine göre teknolojik cihaz kullanımının düzenlenmesi günümüz anne babalarının önemli sorumlulukları arasında yer almaktadır. Dijital çağın başlangıcı ile birlikte

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

çocuk denetimlerinin ve kontrollerinin de dijitalleşmesi gündeme gelmiştir. Tam da bu noktada "dijital ebeveynlik" terimi ile karşılaşılmaktadır.

Dijital ebeveynlik, ebeveynlerin dijital dünyanın gerekliliklerini anlaması, temel seviyede bu teknolojik araçları kullanabilme becerisine sahip olması ve dijital araçların sunduğu olanakları fark etmesiyle tanımlanır (Yurdakul, 2013). Aynı zamanda, ebeveynlerin teknoloji alanındaki hızlı değişimlere uyum sağlaması ve çocukların dijital medya araçlarını kullanmalarına ilişkin geliştirdikleri tutum ve davranış modellerini içermektedir (İnan Kaya ve ark., 2018).

Dijital ebeveynlik terimi teknolojik gelişmeleri bilerek ve onlarla uyum içinde çocuğu dijital dünyadaki tehdit ya da risklere yönelik koruma ve tedbir alma durumu olarak tanımlanabilir (Manap ve Durmuş, 2021). Çocukları çeşitli risklere yönelik koruyabilmek için öncelikle karşılaşılabilecek bu riskleri bilmemiz gerekir. Dijital ebeveynlikte de temel unsur ebeveynin dijital teknolojilerin kullanımında bilinçli ve bilgili olması, dijital ortamda oluşabilecek riskleri bilmesidir (Yay, 2019). Risklerin farkında olmayan ebeveynler ya çocuklarını hiç koruyamamakta ya da riskli gördükleri dijital ortamı tamamen yasaklayabilmektedir. Dijital araçların kullanımı açısından yeterli kontrol gerçekleştiremediği ya da çocuğa öz kontrol kazandıramadığı, aşırı serbest ve izin verici tutum sergileyen ailelerin çocukları için dijital ortamlar, büyük bir eğlence aracı haline dönüşmektedir. Bu durumda dijital ortamlar teknolojik araç olmaktan çıkıp risklerle dolu bir alan haline gelmektedir (Ateş ve Saltalı, 2019).

Dijital çağın başlangıcı olan 2010 yılından itibaren dijital ebeveynlik terimi de görüşülmeye, çeşitli çalışmalarda ele alınmaya başlamıştır. Farklı araştırma türlerinde değerlendirilen dijital ebeveynlik durumu tez çalışmalarına da konu olmaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı güncel bir terim olan "dijital ebeveynlik" kavramını ele alan tez çalışmalarını incelemektir.

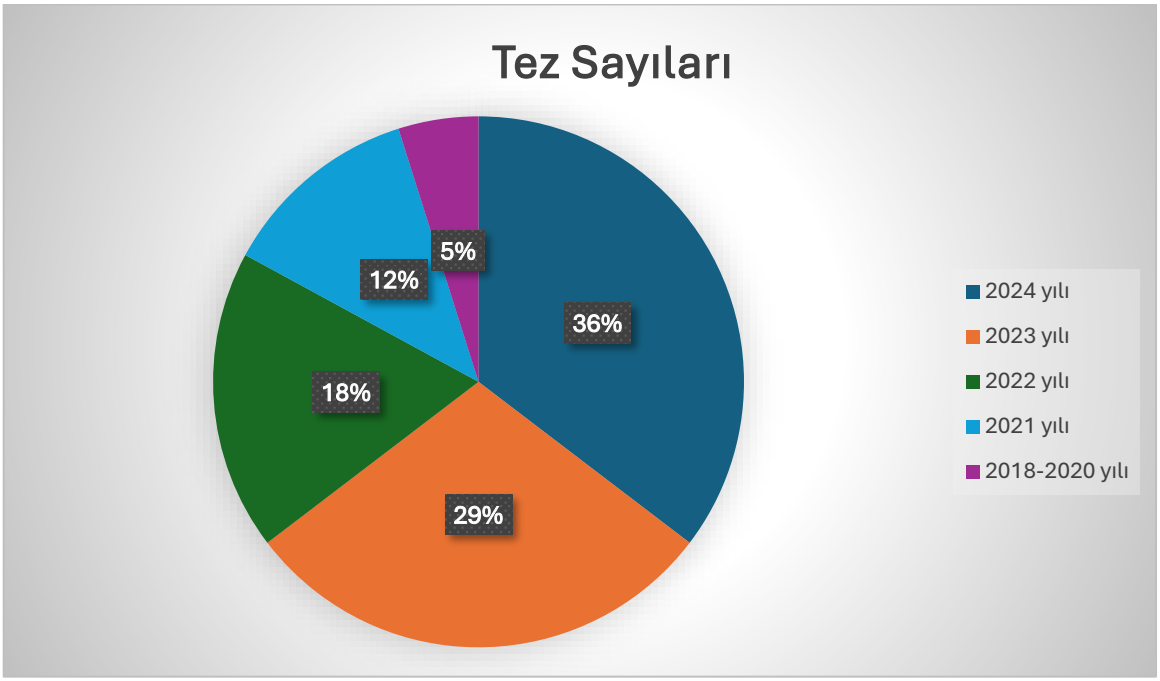
YÖNTEM

Tarama çalışması olarak gerçekleştirilen bu çalışma Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi arama motoru kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu arama motorunda sadece Türkiye'de gerçekleştirilen tez çalışmaları bulunduğundan anahtar kelime "dijital ebeveynlik" olarak tercih edilmiştir. Tarama sırasında herhangi bir süre kısıtlamasına gidilmemiş anahtar kelime ile tespit edilen tüm tez çalışmaları incelemeye alınmıştır. Toplam 82 tez çalışmasına ulaşılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BULGULAR

Tez çalışmalarında özellikle işlenen iki farklı terim olduğu görülmüştür. Bunlar "dijital ebeveynlik" ve "dijital farkındalık "tır. Her iki tanım ile ele alan çalışmalar da değerlendirmeye alınmıştır. Tarama sonucunda elde edilen tez çalışmaları farklı özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Öncelikle yıllara göre tez çalışmalarının dağılımı incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yıllara göre yürütülen tez sayıları

İncelenen toplan 82 tez çalışmasının 2018-2024 yılları arasında yürütüldüğü görülmüştür. Yıllara göre dağılımları değerlendirildiğinde dijital ebeveynlik konusunun tez çalışmaların işlenme oranın zaman içerisinde artış gösterdiği görülmüştür. En çok çalışmanın 2024 yılında (%36, n= 29) yürütüldüğü görülmüştür. En az çalışmanın ise 2018-2020 yılları arasında tamamlandığı tespit edilmiştir. Tezlerden bir tanesi 2018 yılında, bir tanesi 2019 yılında iki tanesi de 2020 yılında tamamlanmıştır. Ayrıca 2023 yılında %29 (n=24), 2022 yılında %18'i (n=15,)2021 yılında ise %12'sinin (n=10) tamamlandığı belirlenmiştir (Şekil 1).

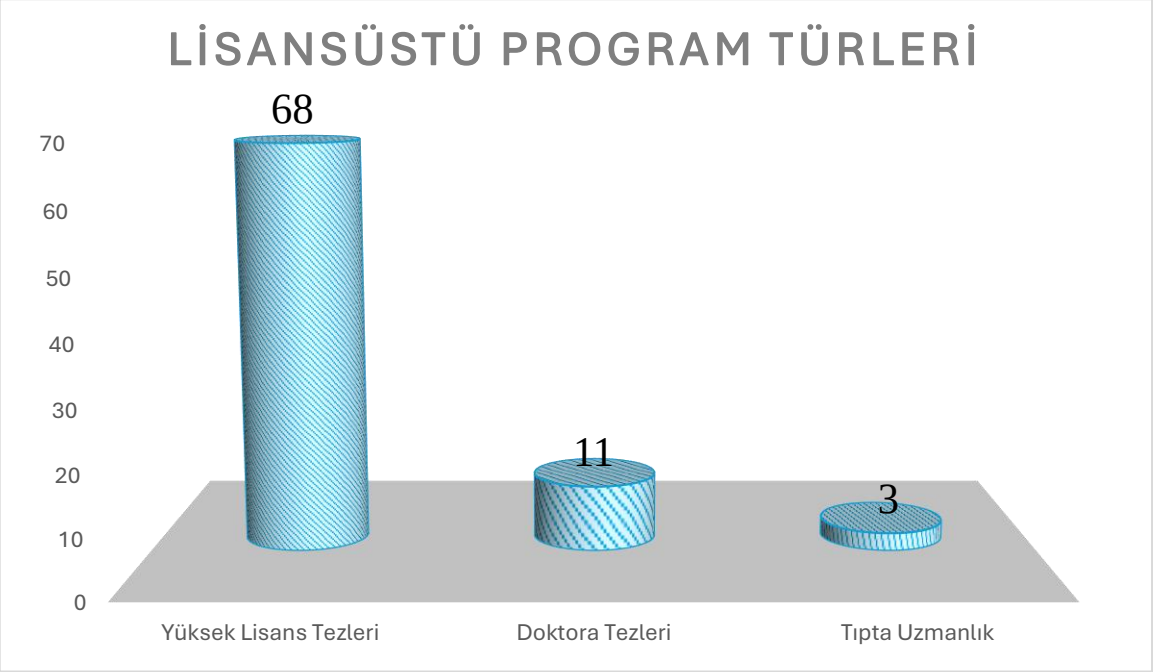
Tez çalışmasının yürütüldüğü Ana Bilim Dallarına göre de farklı oranlarda çalışmaların gerçekleştirildiği görülmüştür. Ancak tezlerin dört farklı alanda toparlanabileceği görülmüştür. Bunlar; Psikoloji, Eğitim Bilimleri, İletişim ve Sağlık Bilimleri (Şekil 2).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Tez çalışmalarının çoğunlukla Psikoloji (n=34, %41,5) ve Eğitim Bilimleri (n=30, %36,6) alanlarında yürütüldüğü görülmüştür. İletişim/Medya alanında ise 10 (%12,2) tez çalışmasının tamamlandığı belirlenmiştir. Tez çalışmalarından en az tez yürütülen alanın ise Sağlık Bilimleri (n=8, %9,7) alanında olduğu görülmüştür (Şekil 2).

İncelenen tez çalışmalarının lisansüstü programlara göre dağılımları Şekil 3'te verilmiştir.



İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğu (n=68, %85) yüksek lisans tezi olarak yürütülmüştür. Diğer çalışmaların ise doktora (n=11, %13,4) ve tıpta uzmanlık (n=3, %3,6) alanlarında tamamlandığı görülmüştür (Şekil 3).

SONUÇ

Güncel bir terim olan dijital ebeveynlik kavramının tez çalışmalarında ele alınma oranlarının özellikle son yıllarda hızla artış gösterdiği görülmüştür. Bu durumun dijital ebeveynlik kavramının 2010 yılından itibaren literatüre kazandırılması ve dijital ebeveynliğin öneminin de bu tarihten sonra kavranmaya başlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yürütülen tez çalışmalarının genellikle psikoloji alanında yürütüldüğü, sağlık alanındaki çalışmaların ise oldukça az olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmaların genellikle yüksek lisans düzeyinde yürütüldüğü doktora çalışma alanlarında henüz yaygınlık göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle bu çalışmaların özellikle doktora programlarında ve sağlık alanında yürütülmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Ateş, M. A. ve Saltalı, N. D., KKTC'de Yaşayan 5-6 Yaş Çocukların Tablet ve Cep Telefonu Kullanımına İlişkin Ebeveyn Görüşlerinin İncelenmesi. Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi, 5(1), 62-90, 2019.

Manap, A. ve Durmuş, E. (2021). Dijital ebeveynlik farkındalığının çeşitli değişkenler, aile içi roller ve çocukta internet bağımlılığı açısından incelenmesi. E-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 12(1), 141-156. https://www.e-ijer.com/en/download/article-file/1437941/ (Erişim tarihi: 21.12.2024)

Yay, M., Dijital *Ebeveynlik*, Yeşilay Yayınları. İstanbul, 2019.

Gökel, Ö., Teknoloji Bağımlılığının Çeşitli Yaş Gruplarındaki Çocuklara Etkileri Hakkındaki Ebeveyn Görüşleri. Kıbrıs Türk Psikiyatri ve Psikoloji Dergisi, 2(1), 41-47, 2020.

Gündüz, A., İnternet Güvenliği Üzerine 2000-2014 Yılları Arasındaki Çalışmaların Bir İçerik Analizi: Riskler, Risklere Etki Eden Faktörler ve Metodolojik Yönelimler, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 2015, Erzurum.

Berglind, D., and Tynelius, P., Objectively Measured Physical Activity Patterns, Sedentary Time and Parent-Reported Screen-Time Across the Day in Four-Year-Old Swedish Children. BMC Public Health, 18, 69, 2017.

Mertala, P., Digital Technologies İn Early Childhood Education–A Frame Analysis Of Preservice Teachers' Perceptions. Early Child Development and Care, 189(8), 1228-1241.2019.

Yurdakul, I. K., Dönmez, O., Yaman, F., ve Odabaşı, H. F., Dijital Ebeveynlik ve Değişen Roller. Gaziantep University Journal of Social Sciences, 12(4), 883-896, 2013.

Kaya, G. İ., Bayraktar, D. M., ve Yılmaz, Ö., Dijital Ebeveynlik Tutum Ölçeği: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, (46), 149-173,2018.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MİMARLIK TARİHİ DERSİNİN OYUNLAŞTIRILMASI İÇİN YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM

Mimar Hatice AKAY

Hasan Kalyoncu Üniversitesi,

haticeakay41@gmail.com- 0009-0006-5250-0869

Dr. Öğretim Üyesi Meltem BARIŞ ARARAT

Hasan Kalyoncu Üniversitesi,

meltem.ararat@hku.edu.tr - 0000-0002-7329-1967

ÖZET

Mimarlık eğitimi mesleki hayata hazırlık sürecinde öğrencilerin estetik, teknik ve analitik becerilerini geliştirmeyi amaçlayan kapsamlı bir süreçtir. Bu sürecin önemli bir bileşenini mimarlık tarihi eğitimi oluşturur. Mimarlık tarihi eğitimi mimarlık disiplinin geçmişten günümüze geçirmiş olduğu evrimini tarihi bağlam içerisinde kavrayarak geçmiş ile günümüz arasındaki bağı oluşturan ve günümüzün sanat ve tasarım anlayışını öğreterek geleceğe ışık tutmaya olanak sağlayan temel bir disiplindir. Ancak bu derslerin teorik bilgi yoğunluğu öğrencilerin dersteki ilgisini ve motivasyonunu sürdürmek açısından çeşitli zorluklar barındırmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için teorik bilginin geleneksel yöntemlerin dışında alternatif metotlarla desteklenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda günümüzde teknolojinin getirdiği imkanların kullanılması öğrencilerin mimari terminolojiyi, tarihsel bağlamı ve yapının tasarım özelliklerini oyunlaştırarak sanal bir ortamda keşfetmelerini sağlayarak daha etkili ve kalıcı bir öğrenme deneyimi sunmasına olanak sağlamaktadır.

Bu doğrultuda çalışmanın amacı mimarlık tarihi dersinde geleneksel öğretim yöntemlerinin dışında teknolojiden yararlanılarak alternatif bir öğretim yöntemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, öğrencilerin ders sürecine aktif katılımını teşvik etmek, öğrenme motivasyonunu artırmak ve edinilen bilgilerin uzun vadede kalıcılığını sağlaması açısından önem taşımaktadır. Araştırma, özellikle mimarlık tarihi gibi yoğun bilgi ve soyut kavramların ele alındığı derslerde, teknolojik araçların ve oyunlaştırma tekniklerinin etkili bir eğitim aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık Tarihi Eğitimi, Oyunlaştırma, Dijitalleşme

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AN INNOVATIVE APPROACH TO GAMIFICATION OF ARCHITECTURAL HISTORY COURSE

ABSTRACT

Architectural education is a comprehensive process that aims to develop students' aesthetic, technical, and analytical skills in preparation for professional life. An important component of this process is architectural history education. Architectural history education is a fundamental discipline that creates the link between the past and the present by comprehending the evolution of the architectural discipline from past to present in a historical context and shedding light on the future by teaching today's understanding of art and design. However, the theoretical information density of these courses poses various challenges in maintaining students' interest and motivation in the course. To overcome these difficulties, theoretical knowledge needs to be supported by alternative methods other than traditional methods. In this direction, the use of technology today allows students to explore architectural terminology, historical context, and design features of the building in a virtual environment by gamifying it, providing a more effective and permanent learning experience.

The aim of this study is to develop an alternative teaching method by utilizing technology in addition to traditional teaching methods in architectural history course. This approach is important in terms of encouraging students' active participation in the course process, increasing learning motivation and ensuring the long-term retention of the acquired knowledge. The research reveals that technological tools and gamification techniques can be used as an effective educational tool, especially in courses such as architectural history, where dense information and abstract concepts are handled.

Keywords: History of Architecture Education, Gamification, Digitalization

1. GİRİŞ

Mimarlık insanlığın varoluşundan bu yana barınma ihtiyacını estetik, fonksiyonel ve teknik olarak karşılamaktadır. Birçok disiplinle ortak çalışan mimarlık alanı mekânı anlamlandırma, algılama ve yön verme sorumluluğu taşımaktadır. Bu sorumluluğun bilincinde, yalnız yetenek sahibi değil aynı zamanda farkındalık sahibi mimarlar yetiştirebilmek için mimarlık eğitimi büyük bir öneme sahiptir (Benian & Mısırlı, 2017).

Mimarlık eğitimi, tasarım, estetik, teknik, yapısal, tarihi ve kültürel alanların iş birliği içinde öğrencilere aktarılmasıdır. Güçlü bir mimarlık eğitimi, öğrencilerin tasarım becerileri için temel atmasının yanı sıra tarihi, teknik, kültürel ve toplumsal bir perspektif kazanmalarını sağlamaktadır(Arı Akman, 2022). Bu eğitim sürecinin en önemli disiplinlerinden biri olan mimarlık tarihi alanı, mimarlığın tarihi bağlamda incelenmesidir (Düzenli, 2009). Mimarlık tarihi dersleri geçmişten günümüze yapıların tasarım faktörlerini, inşa yöntemlerini, toplum ve kültürel bağlantılarıyla tarihsel bir süreçle bizlere aktarmaktadır (Özgüleş ve ark, 2021). Bu

sebeple mimarlık tarihi dersinin en iyi şekilde öğrencilere aktarılması, öğrencilerde tarihi ve kültürel bilincin oluşturulması ve mesleki hayatta bu mimarlık tarihi derslerinden edindikleri birikimi kullanabilmelerini sağlamak büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde pandemi dönemiyle hızla gelişen ve dönüşen teknolojik ve pedagojik dinamikler, öğretim görevlisi merkezli, belirli bir mekâna ve zamana ihtiyaç duyan derslikler; geleneksel öğretim yöntemlerinin sorgulanmasına ve yeni yöntemler üretilmesine gereklilik oluşturmuştur. Özellikle mimarlık tarihi dersi gibi soyut, bilgi akışının yoğun olduğu ve bununla beraber öğrencinin mimarlık anlayışına dair fikirler benimseyeceği bu disiplinin, daha anlaşılır ve ilgi çekici hale getirilmesi için yenilikçi yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır(Thompson, 2017). Bu bağlamda, teknolojinin merkezde olduğu, zamana ve mekâna bağlı kalmaksızın, ek bir kaynak niteliğinde, motivasyon artırıcı, eğlenceli ve sanal bir deneyim sunabilecek potansiyele sahip olan oyunlaştırma (gamification) kavramı, bu çalışma kapsamında yenilikçi bir yaklaşım olarak benimsenecektir.

Bu çalışmada oyunlaştırma kavramının mimarlık eğitiminde bir araç olarak kullanım olanakları ve özellikle mimarlık tarihi dersinin bu yöntem ile daha kalıcı, etkileyici ve deneyimsel hale getirilebileceği üzerinde durulmaktadır. Çalışma kapsamında mimarlık eğitimine yenilikçi bir yaklaşım sunularak öğrenci merkezli, etkileşimli bir öğrenme sürecinin oluşturulduğu, bilgilerin kalıcılığının artırıldığı, eğlenceli bir metot geliştirilerek klasik öğretim yöntemlerinin ötesine geçilmesi hedeflenmiştir.

2. OYUN VE OYUNLAŞTIRMA

Oyun kelimesi sözlük anlamı olarak Türk Dil Kurumu tarafından “yetenek ve zekâ geliştirici, belli kuralları olan, iyi vakit geçirmeye yarayan eğlence” olarak tanımlanmaktadır (Türkçe Sözlük, 2005). Oyun, temel olarak etkileşimli bir yapı içinde yer alan belirli kurallar, ödüller ve geri bildirim mekanizmalarına sahip bir etkinlik olarak tanımlanır (Özkan & Samur, 2017). Farklı oyun çeşitleri ve farklı oyun alanları mevcuttur. Spor, masa, video ve mobil oyunlar en yaygın olanlarıdır. Ayrıca oyunlar oyunculara deneyimleme, sosyal etkileşim, öğrenme ve eğlence sunma potansiyeline sahiptir (Surendeleg ve ark., 2014). Eğitim amacıyla geliştirilen oyunlar "ciddi oyunlar" kapsar ve geleneksel oyunlardan farklı olarak belirli bir öğrenme veya beceri geliştirme amacına yönelik tasarlanmaktadır (Hutson ve ark., 2022).

Oyunlaştırma kavramı ise oyun ögelerinin, tekniklerinin ve tasarımının oyun dışı etkinliklere eklenerek katılımcıların motivasyonunu arttırmayı, öğrenmeyi teşvik etmeyi ve ilgilerini çekmeyi amaçlayan bir yöntemdir (Deterding ve ark., 2011). 2002'de Nick Pelling tarafından literatüre giren bu kavram, Eğitim, satış, pazarlama, sağlık, alışveriş, sosyal medya gibi pek çok alanda kullanılan oyunlaştırma, katılımcılara puanlar, seviyeler, ödüller ve liderlik tabloları gibi oyun unsurları sunarak motivasyonu arttırdığı belirlenmiştir (Süvari, 2021). Ayrıca, etkileşim ve rekabeti teşvik ederek öğrenmeyi daha etkili hale getiren oyunlaştırma, geleneksel öğrenme yöntemlerine karşı alternatif olarak, öğrencilerin daha aktif öğrenmesini sağlayan ve dikkat eksikliği gibi sorunlara çözüm sunan teknolojik bir yaklaşımdır (Niculae & Duda, 2015).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 18. Oyunlaştırmanın Bileşenleri (URL-1)

Dijital oyunlara gösterilen ilginin artması ve toplumda yaygınlaşmasıyla akademisyenlerin ve araştırmacıların ilgi odağı haline gelen oyunlaştırma kavramı yüzyıllardır insanlığın hayatındadır (Süvari, 2021). Aristo "Okullar yokken oyunlar vardı.'' sözü bu durumu özetlemektedir (Sezgin ve ark., 2018).

Oyunlaştırmanın geleneksel öğrenme stillerini destekleyecek ek bir kaynak olarak tercih edilmesinde eğitim alanında pandemiyle birlikte internet kullanımının artması, geleneksel sınıf ortamında öğrencilerin yeterince odaklanamaması, mekân ve zaman gözetmeksizin bireysel öğrenmenin ivme kazanması gibi sebepler sıralanabilir. Mobil uygulamalar, bilgisayar programları, sanal gerçeklik, arttırılmış gerçeklik, web tabanlı oyunlar, dışında hikayeleştirme gibi alt yöntemlerle bile zaman zaman karşımıza çıkan oyunlaştırma kavramı pek çok farklı arayüzle çalışabilmesiyle de tercih edilebilirliğini arttırmaktadır (Niculae & Duda, 2015). Ayrıca yapılan birçok akademik araştırma ile eğitimde oyunlaştırmanın faydaları kanıtlanmıştır (Bucchiarone, 2022). Bilgi çağında yaşayan ve dijital yerliler olarak adlandırılan günümüz öğrencilerinin bilgiye erişimleri neredeyse sınırsızdır. Bu öğrencilerin oyunlaştırma uygulamalarında geçirdikleri süre, motivasyon ve öğrenme çıktılarında gelişme ve iyileşme bunu doğrulamaktadır. Oyunlaştırmanın bu kadar önemsenmesinin başka bir nedeni de katılımcılara pasif değil aktif öğrenme sağlaması, daha çok ezber yapmak, daha çok ders çalışmak gibi pasif seçeneklerden daha üstün olmasıdır(Schnabel ve ark., 2014). Özellikle pandemi sonrasında online yapılan eğitimler, geleneksel sınıf ortamından uzun süre uzak kalmak gibi etkenler birçok öğrencide dikkat eksikliği, odaklanamama gibi sorunlara sebep olmuştur. Bu sorunlara çözüm ararken standart yöntemlerin beklenen iyileştirmeyi sağlayamaması sebebiyle oyunlaştırma gibi dikkati, katılımı, motivasyonu uzun vadede arttıran yöntemler tercih edilmeye başlanmıştır (Hutson, Fulcher, Weber, 2022). Tüm bunlara ek oyun tabanlı öğrenme ile öğrenciler sanal ortamda kolayca erişebilir deneyimler yaşayabilmektedirler. Yapılan akademik araştırmalar gösteriyor ki bu deneyimlerle elde ettikleri başarıları gerçek dünyada da kazanabilme olasılıkları da artmaktadır (Bucchiarone,

2022). Mimarlık eğitiminde oyunlaştırmanın entegrasyonunda büyük bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

3. MİMARLIK EĞİTİMİ VE OYUNLAŞTIRMA

Hızla gelişen, hayatın her alanında belli kolaylıklar sağlayan teknoloji, eğitim alanında da varlığını her geçen gün dönüşerek arttırmaktadır. Eğitim alanında gerçekleşen bu yenilikçi dönüşümün özellikle mimarlık gibi teknolojiyle ortak çalışan, yenilikleri kucaklayan ve sürekli gelişen bir disiplinde oyunlaştırma kavramıyla yer bulmasıdır. Bu önem taşıyan bir adım olup, hem öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha etkileşimli hale getirecek hem de teknoloji ve yaratıcı düşünmenin birleşimiyle yeni eğitim modellerinin önünü açacaktır (Özgüleş, 2022) . Bu sayede, mimarlık eğitimi daha dinamik ve modern bir hale gelerek, öğrencilerin mesleki yeterliliklerini geliştirmelerine katkı sağlayacaktır.

Dünyada ve ülkemizde mimarlık eğitimlerine bakıldığında soyut ilişkiler kurma, anlamlandırma, araştırıma ve analize dayalı tasarımlar oluşturma gibi becerileri kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu duruma çizme, tasarlama, sunum yapma, görsel tanıma, tanıtma ve model yapımı gibi daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu durum da mimarlık eğitimi sözel ve teorik değil uygulamalı ve pratik bir alandır. Bu durum da gösteriyor ki mimarlık eğitiminde oyunlaştırma gibi deneyime dayalı yeni yöntemler kullanılması mimari öğretim şekillerine uyumlu olacaktır (Redondo ve ark., 2020)

Mimarlık tarihi, öğrencilerin estetik, teknik, yapısal anlamda tarihi yapıları ve tasarım anlayışlarını öğrendiği bir ders olup, ancak klasik öğretim yöntemlerinin sorgulanması gerekmekte ve edinilen bilgilerin kalıcılığının yetersiz olduğu düşünülmektedir. Bu durum, öğrencilerin ilgisinin zaman zaman eksik kaldığı bu dersin, daha etkili ve etkileşimli yöntemlerle desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Oyunlaştırma gibi yenilikçi yaklaşımlar, öğrencilerin bilgiyi sadece alıcı değil, aynı zamanda aktif bir katılımcı olarak içselleştirmelerini sağlayarak, öğrenme sürecini daha kalıcı hale getirerek ilgiyi ve motivasyonunu artırabilecektir.

3.1. Mimarlık Eğitimi ve Mimarlık Tarihi Dersinin Önemi

Mimarlık eğitiminin temel taşlarından biri olan mimarlık tarihi dersi, yapıların yalnızca bir tarihsel bağlamda tanımlanmasından öte, toplumların kültürel, ekonomik ve sosyolojik gelişimlerini anlamak için kritik bir araçtır. Mimarlık tarihi, geçmişteki yapıtları ve mimari üslupları analiz ederek, güncel tasarımların sanatsal ve teknik açıdan gelişimine katkı sağlar (Atıcı Tektaş & Burnak, 2024).

Mimarlık tarihi dersi, sadece mimari yapıları değil, aynı zamanda bu yapıların tasarım süreçlerini, tarihsel dönüşümlerini ve toplumsal etkilerini inceleyerek, öğrencilere eleştirel düşünme becerisi kazandırır (Akman, 2022). Bu bağlamda, dersin müfredatı küresel standartlara uygun şekilde yenilenmeli ve yerel kültürel bağlamı da içerecek şekilde çeşitlendirilmelidir. Mimarlık tarihi, geçmiş uygarlıkların hikayesini anlatan bir kayıt olarak toplumsal hafızanın korunması ve geliştirilmesi için büyük bir öneme sahiptir (Özcan, 2022). Tüm bu faydalar göz önüne alınarak mimarlık tarihi dersine gerekli ihtimam gösterilmeli ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

klasik öğretim tekniklerine destek olacak, ilave kaynak olarak başvurulabilecek, öğrencilerin ilgisini çeken ve öğrenme sürecini zenginleştiren yenilikçi yöntemler geliştirilmelidir.

Öğrencilerin, mesleki hayatlarına ve mimari anlayışlarına büyük bir katkı sağlayan mimarlık tarihi dersini genellikle sözel ve ezbere dayalı bir ders olarak görmesi, bu dersin sıkıcı bulunmasına neden olmaktadır (Benian & Mısırlı, 2017). Ancak araştırmalar, bu dersin mesleki yetkinlik, çevresel farkındalık ve mimari anlayış açısından büyük önem taşıdığını ortaya koymaktadır (Özgüleş ve ark., 2021). Pandemi sonrası dönemde, geleneksel eğitim yöntemlerinin dijital platformlara taşınması, bu dersin daha etkin hale getirilmesi için bir fırsat yaratmıştır Teknolojiyle desteklenen yeni öğretim yaklaşımları, özellikle oyunlaştırma yöntemi, öğrencilere mekânsal deneyim kazandırarak bilgilerin kalıcılığını artırabileceği ve ilgi çekici hale getirebileceği düşünülmektedir (Benian & Mısırlı, 2017).

3.2. Mimarlık Tarihi ve Oyunlaştırma

Mimarlık eğitiminde oyunlaştırmanın potansiyeli incelendiğinde, birçok alanda hâlâ eksikliklerin bulunduğu görülmektedir. Mevcut müfredatı yenilemek ya da geleneksel yöntemlere yenilerini eklemek, yüksek başarı ve kalıcı öğrenim için yeterli olmamaktadır. Ezbere dayalı, verimsiz ve odaklanma sorunlarıyla sıkça karşılaşılan dersler yerine, çağdaş, yenilikçi ve motivasyon sağlayıcı yaklaşımlar araştırılmalı ve faydası kanıtlanan yöntemler yaygınlaştırılmalıdır (Thompson, 2017).

Mimarlık eğitiminin tamamında oyunlaştırma yöntemi tek bir platformda mevcut olmasa da peyzaj, malzeme ve yapı dersleri için akademik düzeyde oyunlaştırma örnekleri bulunmaktadır. Ancak mimarlık tarihi dersi için yerel herhangi bir dijital oyun önerisi bulunmamaktadır. Mimarlık tarihi dersi kapsamında yaşanan zorluklar da düşünüldüğünde yenilikçi ve etkileşimli öğretim yöntemlerine duyulan ihtiyaç daha belirgin hale gelmektedir. Mimarlık tarihi dersi için bu zorluklar şöyle sıralanabilir:

- *Yoğun Bilgi Akışı:* Çok sayıda tarihî dönem, akım, eser ve kavram içerdiği için bilgilerin anlaşılması ve hatırlanması zorlaşabilir.
- *Soyut Kavramlar:* Estetik değerlendirmeler ve kültürel bağlamlar gibi soyut kavramlar, somutlaştırma ve kavrama güçlüğü yaratabilir.
- *Çok Disiplinli Yaklaşım:* Tarih, sanat, kültür ve sosyoloji gibi disiplinlerin birleşimi, öğrencilerin farklı perspektiflere uyum sağlamasını gerektirir.
- *Terminolojinin Karmaşıklığı:* Özgün terimler ve terminolojinin öğrenilmesi ve kavranması öğrenciler için zorlayıcı olabilir.
- *Görsel Zorluklar:* Görsel unsurların yorumlanması ve analiz edilmesi bazı öğrenciler için problem oluşturabilir.
- *Kronolojik Sıra Zorluğu:* Dönemlerin sıralanması ve olayların kronolojik bağlamda anlaşılması zorluk yaratabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Çizelge 9. Mimarlık Tarihi Dersi Zorlukları

Bu zorlukların aşılabilmesi, dersi anlama ve algılamada öğrencilere beceri kazandırması bu çalışma kapsamında oyun tabanlı öğrenme ile sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu ders, mimarlığın temelini anlamak, tarihsel bağlamı kavramak ve mimari bir bakış açısı geliştirmek için kritik bir öneme sahiptir. Dolayısıyla, mimarlık tarihi dersinin öğretim yöntemleri hem öğrenme sürecini daha etkili kılmalı hem de öğrencilerin derse olan ilgisini artırmalıdır. Özellikle mimarlık öğrencileri tarafından en sıkıcı ve sözel derslerden biri olarak görülen mimarlık tarihi dersinin, oyun tabanlı yöntemlerle daha eğlenceli ve ilgi çekici hale getirilmesi gerekmektedir (Özgüleş, 2022).

4. OYUN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mimarlık tarihi dersinin oyunlaştırılması için gerçekleştirilecek model önerisinin etkili olabilmesi, uygun ve yeterli bir oyun önerisi sunulabilmesine bağlıdır. Mimarlık tarihi derslerinin teorik ve sözel olması sebebiyle öğrenciler tarafından sıkıcı bulunulmasının (Özgüleş, 2022) önüne geçmek için teknolojiyle iş birliği içinde oyunlaştırılması sürecinde hem öğretici hem motivasyon sağlayıcı hem de eğlenceli bir oyun tasarlamak, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde merkezde olmaları ve etkileşimli bir katılım sağlamaları amaçlanmaktadır.

Gerçekleştirilecek oyun tasarlama ve modelleme süreci bir dizi aşamayı içermekte olup yalnızca ders içeriğinin oyun mekaniğine aktarılmasını değil, aynı zamanda oyuncu deneyiminin ve teknolojik altyapının göz önünde bulundurulmasını da gerektirmektedir. Bu sebeple mimarlık tarihi gibi bir alanda oyun tabanlı bir öğrenme aracı tasarlarken, tarihsel yapıların detayları, dönemsel bağlamlar ve tasarım ilkeleri, oyun dünyasının bir parçası haline getirilmesine ve oyuncuların yalnızca eğlenmesini değil, aynı zamanda öğrenmesini sağlayacak şekilde kurgulanmasına dikkat edilmelidir.

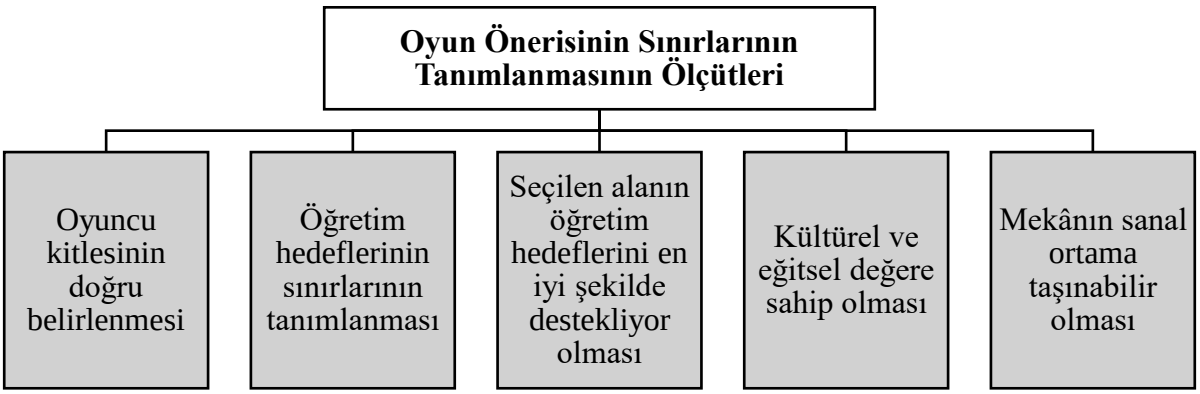
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4.1. Oyun Önerisinin Sınırlarının Tanımlanması

Mimarlık tarihi dersinin oyunlaştırılarak verilmesi kapsamında yapılan bu çalışmanın ilk aşaması problemin ve sınırların belirlenmesi olmalıdır. Belirlenen sınırlara göre oyun senaryosu ve hikayesi hazırlanmalı ve sonrasında sanal ortama aktarılmalıdır.

Oyun tasarımında öğretim hedefleri ve oyuncu kitlesinin doğru belirlenmesi, oyunun eğitici niteliği açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, oyun mekânı olarak tarihi, kültürel ve mimari öneme sahip, mimari akımları temsil eden yapılar seçilerek öğretim hedeflerini destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında oyun tasarım sürecini oluşturan bazı ölçütler belirlenmiştir:

- **Oyuncu Kitlesinin Doğru Belirlenmesi:** Oyunun zorluk seviyesi, oyuncuların yaş, eğitim seviyesi ve öğrenim amacı gibi kriterlere uygun şekilde ayarlanmalıdır.
- **Öğretim Hedeflerinin Sınırlarının Tanımlanması:** Oyunda aktarılacak bilgilerin sınırları net şekilde belirlenerek oyun tasarımı, sanal alan ve oyunlaştırma yaklaşımı bu doğrultuda geliştirilmelidir.
- **Seçilen Alanın Öğretim Hedeflerini Desteklemesi:** Oyun mekânı, öğretilmek istenen bilgileri en iyi şekilde temsil etmelidir. Mekânın plan şeması, yapısal ve iç tasarımı, tarihi, kültürel ve mimari önemi dikkate alınmalıdır. Estetik, fonksiyonel ve teknik unsurlar ile mekânın anıtsal ve milli değerleri taşıması, görsel ve eğitsel potansiyelini artırabilecektir.
- **Kültürel ve Eğitsel Değere Sahip Olması:** Oyun, mimari verilerin yanı sıra milli, kültürel ve tarihi değerleri de içermeli; oyuncuların hem mimari bilgilerini hem de genel kültür seviyelerini artıracak entelektüel bir deneyim sunmalıdır.
- **Mekânın Sanal Ortama Taşınabilir Olması:** Seçilen yapı, sanal ortamda modellenebilir olmalı ve oyun dinamikleriyle uyum sağlamalıdır. Yapının modellenebilmesi için 2 boyutlu veriler (plan, kesiti vb.) ulaşılabilir olmalıdır.



Çizelge 10. Oyun Önerisinin Sınırlarının Tanımlanmasının Ölçütleri

4.2. Oyun Senaryosunun Hazırlanması

Oyun önerisinin tasarlanmasının sonraki aşamamasında, oyunlaştırmanın temel unsurlarından biri olan oyun senaryosu ve hikayesinin geliştirilmesi gerekmektedir. Oyun senaryosu, oyunculara hem mimari hem de kültürel bir deneyim sunmayı amaçlayan bir yapı üzerine

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kurgulanmalı, senaryonun bir olay örgüsüyle şekillendirilmiş olmasına dikkat edilmeli ve görevler sonrasında motivasyon sağlayıcı olarak belli puanlar, ödüller verilmelidir. Hazırlanan oyun senaryosunun, merak uyandırıcı, ilgi çekici, eğlenceli ve öğretim hedeflerini destekleyici şekilde tasarlanmasına dikkat edilmesi ve belirlenen görevlerin bu doğrultuda hazırlanmasıyla oyunlaştırma deneyimi hem etkili bir öğrenme süreci sunabilecek hem de öğrencilerin derse olan bağlılıklarını artırabilecektir. Tasarlanan oyun senaryosunun mimarlık tarihi dersinin oyunlaştırma deneyimini zenginleştirmesi hedeflenmektedir.

Hazırlanan oyun senaryosuyla birlikte öğretim hedefleri kapsamında bulunan mimari akım veya yapının uygun programlarda modellenip oyun motorlarına aktarımı gerçekleştirilmeli ve dijital ortamda oynanmaya hazır hale getirilmelidir.

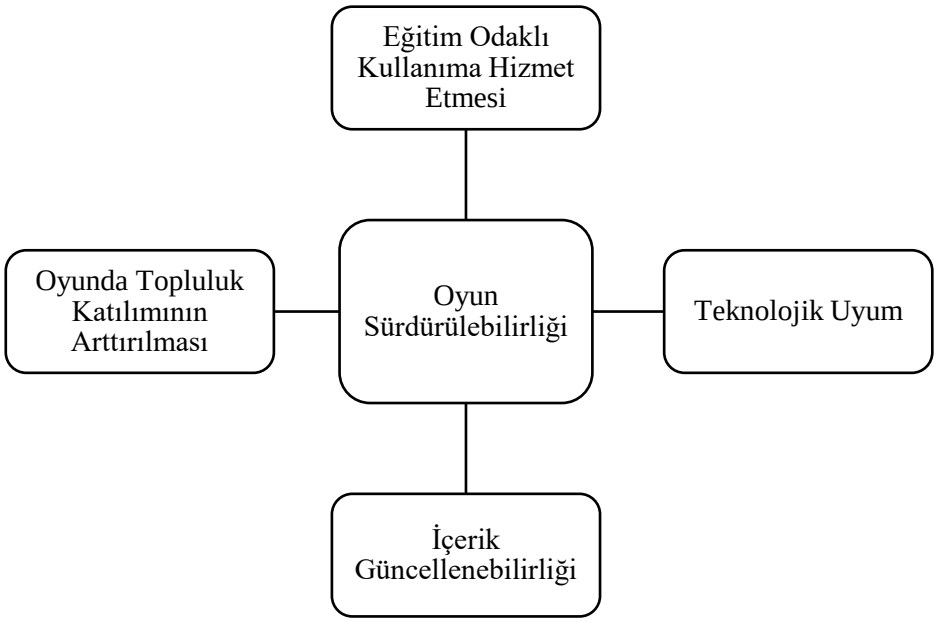
Oyunlaştırma deneyiminin geliştrilmesi için oyunculardan belli aralıklarla geri bildirimler ve öneriler alınması elzem görünmektedir. Çünkü oyunun gelişen ve dönüşen teknolojiye ayak uydurabilmesi ve kullanıcıların ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilmesi için bu geri bildirimlerin düzenli olarak analiz edilmesi ve oyunun dinamiklerinin buna göre güncellenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, oyunlaştırma deneyiminin gelişmini sağlarken, kullanıcıların memnuniyetini ve öğrenme verimliliğini de artırması öngörülmektedir.

4.3. Oyunun Sürdürülebilir Olması

Oyunlaştırma ve oyun tasarımında sürdürülebilirlik, oyunun devamlılığını sağlamak ve eğitime sürekli bir kaynak sunmak için kritik bir öneme sahiptir. Önerilen oyun modelinin sürdürülebilirliğinin şu faktörlere dayanması gerekmektedir:

- **Eğitim Odaklı Kullanım:** Eğitmenler ve oyuncuların şikâyet, öneri ve geri bildirimleri dikkate alınarak oyun sürekli geliştirilmeli ve güncellenmelidir.
- **Teknolojik Uyum:** Oyunun, Windows, macOS, Linux, oyun konsolları ve sanal gerçeklik gibi farklı platformalra ve teknolojilere uyum sağlayacak şekilde tasarlanmalı ve kullanım yaygınlığı artırılmalı ve gelişen teknolojiyle beraber güncellenebilir olmalıdır.
- **İçerik Güncellenebilirliği:** Eğitim ihtiyaçlarına ve müfredat değişikliklerine adapte olabilecek, yeni yapılar ve mimari akımları ekleyerek güncellenebilir bir sistem sunulmalıdır.
- **Topluluk Katılımı:** Üniversiteler ve kültürel miras koruma kurumlarıyla iş birliği yapılarak, akademisyen ve öğrencilerin geri bildirimleriyle oyun içerikleri sürekli geliştirilmeli ve geniş kitlelere ulaştırılmalıdır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Çizelge 11. Oyun Sürdürülebilirliği için Belirlenen Faktörler

Bu faktörler doğrultusunda geniş kapsamlı mimarlık tarihi dersinin oyunlaştırılarak sürdürülebilir bir öğretim platformu haline getirilmesi yerel ve global olarak eğitimde yenilikçi bir model sunulması, mimarlık tarihine olan ilgiyi artırarak disiplinler arası öğrenme süreçlerine katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Bu platformun, hem yerel kültürel mirasın tanıtılmasına hem de küresel ölçekte mimarlık eğitiminin dijitalleşmesine öncülük edebilmesi mümkün görünmektedir.

5. OYUN DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışma, mimarlık tarihi dersi için etkileşimli, eğlenceli ve öğrenen merkezli bir oyun modeli önererek mimarlık eğitimine yenilikçi ve teknolojik bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır. Tasarlanan model önerisi, öğretim hedeflerine ve sınırlarına dair temel bilgileri, pedagojik etkiler gözetilerek oyunculara görevler ve testlerle eğlence ve motivasyon unsurlarıyla birlikte öğretmeyi hedeflemektedir. Bu yöntemle oyuncuların yapının kültürel, tarihi ve mimari önemini içselleştirmesini ve sanal ortamda gerçek mekânla bağ kurmasını sağlamak hedeflenmektedir.

Araştırmanın amacı, öğrencilere teknolojiden yararlanarak mimarlık eğitiminde ve bu araştırma kapsamında mimarlık tarihi dersi eğitimi için ek bir kaynak oluşturmaktır. Bu kaynak, öğrenimi kolaylaştırması, kalıcılığı arttırması ve sürdürülebilir olması amacıyla tasarlanmıştır. Bu maksatla aşağıda belirtilen ilkelerle oyun yaklaşımı gerçekleştirilmesi gerekmektedir:

- Oyunun oyuncu kitlesine uygun, anlaşılabilir, doğru zorluk seviyesinde ve şeklinde tasarlanması,
- Oyunlaştırmanın ögelerini (puanlama, görev, ödül vb.) içinde bulundurması (Deterding et al., 2011),

- Oyunun sürdürülebilir olması ve diğer mimari akımlarda da uygulanabilir olması için senaryonun uyarlanabilir olması,
- Oyun modelinin tasarlandığı programın ve oyun motorunun herkes tarafından ücretsiz ve kolay bir şekilde kullanabilmesi ve bu sayede oyun maliyetinin en düşük düzeyde tutulması,
- Oyunda görevler sonrası izlenebilen yapıya ait veriler, efsaneler ve teknik bilgiler hikayeleştirilerek anlatılmasıyla öğrenilenlerin pekiştirilmesi,
- Oyuncuların kendi kendine öğrenmesini teşvik eden ve rehberlik eden(Örnek, 2016) bir oyun yaklaşımının oluşturulması,
- Görev sonlarında verilen mini testlerle öğrenilenlerin oyun içinde değerlendirilmesi ve böylece puan toplayarak diğer göreve geçebilmesi,
- Verilen görevlerin oyun ara yüzünde bulunmasıyla açıklayıcı ve net hedefler içermesi, kafa karışıklığına sebep olmaması,
- Bir görev gerçekleştirilmeden diğer göreve oluşturulan kodlarla geçememesi ve bu sayede tüm görevlerin eksiksiz yerine getirilmesi.

Bu ilkeler doğrultusunda tasarlanan model önerisi, mimarlık tarihi eğitimi için esnek bir yapı sunarken, dönüşen eğitim sistemlerine uyum sağlayabilecek bir yapıda oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Mimarlık öğrencileri için tasarlanan bu oyun, ilgilenen herkesin kolayca erişebileceği bir platform olması planlanıp diğer mimari yapılar ile akımları da içerecek şekilde genişletilebilir olması, böylece mimarlık tarihine ilgi duyan geniş bir kitleye hitap etmesi amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca öğrenciler için değil, aynı zamanda kültürel ve entelektüel birikimini artırmak isteyen herkes için interaktif bir öğrenme aracı olarak işlev görebilmesini mümkün kılmaktadır.

6.SONUÇ

Mimarlık eğitimi, estetik, teknik ve tarihsel bilgi birikimini bütünleştirerek öğrencilere kapsamlı bir perspektif sunmayı amaçlayan disiplinler arası bir alandır. Bu sürecin önemli bir bileşeni olan mimarlık tarihi dersleri, geçmişin mimari mirasını anlamak ve geleceğe yön verecek tasarımlar geliştirmek için kritik bir öneme sahiptir. Ancak bu derslerin terminolojik yoğunluğu, soyut kavramları ve tarihsel bağlamları içermesi sebebiyle öğrenme sürecinde motivasyon kaybı gibi zorluklar barındırmaktadır (Özgüleş ve ark., 2021). Bu zorluklara modern ve teknolojik tekniklerden yararlanılarak yenilikçi çözümler üretilmesi ve günümüz insanlarının ihtiyaçlarına cevap vermesi oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında mimarlık tarihi dersinde karşılaşılan yoğun bilgi akışı, soyut kavramlar, çok disiplinli yaklaşım ve kronolojik sıra zorluğu gibi bazı öğretim ve öğrenim güçlüklerine öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden ve öğrenmeyi daha etkili hale getiren yenilikçi yaklaşımlarla desteklemek hedeflenmiştir.

Oyunlaştırma yaklaşımı, öğrencilerin aktif katılımını sağlayan ve öğrenme süreçlerini daha etkileşimli hale getiren bir yöntem olarak (Deterding ve ark., 2011) mimarlık tarihi derslerinde önemli bir potansiyele sahip olması ve mimarlık tarihi dersinin içerdiği detaylar ve soyut

kavramlar, oyunlaştırma teknikleriyle somutlaştırılabilir, sanal deneyimler sunabilmesi ve öğrencilerin ilgisini çekebilecek olması sebepleriyle bu çalışma için tercih edilmiştir.

Mimarlık tarihi dersinin geleneksel öğretim yöntemlerine ek bir kaynak niteliği oluşturacak, sürdürülebilir, esnek ve uyarlanabilir bir model sunulması ve bu modelin oyunlaştırma yaklaşımıyla tasarlanması çalışmanın ana gayesini oluşturmuştur. Bu çalışmanın ana amacı, oyunlaştırmayla öğrenilenlerin unutulmaması, meslek hayatı boyunca bilgilerin arka planda oyuncuya rehberlik etmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda yapılan araştırmalar göstermektedir ki oyunlaştırma, materyal ile öğrenci arasındaki bağlantıyı iyileştirmeye, geliştirmeye yardımcı olmakta, başka bir deyişle öğrenilmek istenen şeyi, konuyu kullanıcının içselleştirmesi, algılaması çok daha kolay hale gelmektedir (Fonseca ve ark., 2017).Oyunlaştırmanın, mimarlık eğitimine olacak katkıları ve eğitim süreçlerine entegrasyonunun potansiyeli, modern mimarlık eğitiminde ve mimarlık tarihi dersi için yeni ufuklar açmak adına önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Oyunlaştırma teknolojisi kullanılarak hazırlanan oyun modeliyle sadece öğrencilere öğretilmek istenen bilgilerin aktarılması değil aynı zamanda herkesin kolay ulaşabilmesinin mümkün olabilmesi sayesinde eğitimde ikincil bir kaynak oluşturması amaçlanmaktadır ve böylece dijital bir öğretim platformu oluşabilmesi ve zaman içerisinde eğitim eşitliğine de katkı sağlayabilmesi mümkün görünmektedir.

Oyunlaştırma her ne kadar öğrenme motivasyonunu arttıran bir araç olarak görülse de öğrencilerin ders çalışmasına katkı sağlayan bir diğer en önemli motivasyonlarından olan sınavlara ve notlara hizmet etmesi de planlanmaktadır. Oyun tabanlı öğrenme ile bu durum bir ödev, sorumluluk halinden çıkıp, keyifli hale gelebilecek ve böylelikle not kaygısı da azalarak öğrencilerin dersle daha içten bir bağ kurmaları sağlanacaktır. Çünkü oyun oynarken öğrenen öğrenciler ezberlemeyecek, eğlenerek, görsel ve duyusal hafızayla pekiştirerek öğreneceklerdir (Niculae & Duda, 2015). Bu durum da başarıyı elde etmelerini oldukça kolaylaştıracaktır.

Oyunlaştırma yöntemiyle oluşturulan oyun önerisi, öğretim hedefleri kapsamında belirlenen mimari akımın veya yapının temel özelliklerini pedagojik bir yaklaşımla aktarmayı amaçlamaktadır. Eğitimde teknolojinin etkin kullanımını destekleyen bu oyun önerisi, özellikle soyut ve bilgi yoğun içeriklere sahip mimarlık tarihi derslerinin daha anlaşılır, eğlenceli ve akılda kalıcı hale gelmesi için bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışma özelinde tüm mimari akımların ve tarihi ve mimari öneme sahip çoğu yapının oyun içeriğinde yer alması mümkün olup, mimarlık tarihi dersi müfredatına uyarlanabilir olması, mimarlık tarihi alanına dair kapsamlı ve sürdürülebilir bir öğretim kaynağı sunma potansiyeline sahip olması da bu çalışmayı önemli ve yenilikçi kılan unsurlardan biridir. Böyle bir genişleme, mimarlık tarihine olan ilginin artmasına, disiplinler arası öğrenme süreçlerinin desteklenmesine ve kültürel mirasın daha geniş kitlelere tanıtılmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, oyunlaştırmanın mimarlık eğitiminde yalnızca bir araç değil, aynı zamanda etkili bir öğrenme stratejisi olarak kullanılabileceği öngörülmüş ve bu yaklaşımın hem eğitim süreçlerini zenginleştirmek hem de teknolojiyi eğitime entegre etmek adına önemli bir potansiyel taşıdığı düşünülmektedir. Bu model, mimarlık tarihi derslerinde uygulanabilir bir

örnek oluştururken, aynı zamanda mimarlık eğitiminin diğer alanlarında da oyunlaştırmanın kullanımına yönelik yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Gelecekte bu modelin daha geniş kapsamlı uygulamalarla desteklenmesi ve öğrenci deneyimlerinin incelenmesi, mimarlık eğitiminde oyunlaştırma yöntemlerinin etkisini daha iyi anlamak için değerli olacaktır.

KAYNAKÇA

Arı Akman, G., *Doğan Kuban'ın "Türk Hayat'lı Evi" Anlayışının Çağdaş Mimarlık Tarihi Yaklaşımları Üzerinden Değerlendirilmesi*, Akdeniz University Journal of The Faculty of Architecture, 2022(1), 47–59, 2022.

Benian, E., & Mısırlı, A., *Mekân Deneyiminin Mimarlık Tarihi Eğitimine Katkısı*, Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kongresi, 2017.

Bucchiarone, A., *Gamification and Virtual Reality for Digital Twins Learning and Training: Architecture and Challenges*, Virtual Reality and Intelligent Hardware, 4(6), 471–486, 2022.

Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., & Dixon, D., *Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming*, In CHI'11 Extended Abstracts On Human Factors In Computing Systems 2425-2428, 2011.

Düzenli, H. İ., *Fiziksel İnşadan Metinsel İnşaya: Türkiye'de Mimarlık Tarihi ve Tarihçiliğinin Serüveni*, Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi, (13), 11-50, 2009.

Fonseca, D., Villagrasa, S., Navarro, I., Redondo, E., Valls, F., & Sánchez, A., *Urban Gamification In Architecture Education*. Advances in Intelligent Systems and Computing, 571, 335–341, 2017.

Hutson, J., Fulcher, B., & Weber, J., *Gamification in Education: A Study of Design-Based Learning in Operationalizing a Game Studio for Serious Games*, Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, 14(04), 115–131, 2022.

Niculae, R., & Duda, M., *Gamıfıcatıon As Means Of Gettıng From E-Learnıng To Experıence Learnıng In Archıtecture*. 11th International Conference E-Learning and Software for Education, 2, 88–93, 2015.

Örnek, M. A., *Peyzaj Mimarlığı Eğitiminde Bilgisayar Oyunlarının Öğretim Aracı ve Destek Sistemi Olarak Kullanılması: Landcons 1.0*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.

Özcan, H. Y., *Formatıon Of Archıtectural Hıstory As A Dıscıplıne In Modern Archıtectural Educatıon In Turkey*, Master's Thesis, Izmir Institute of Technology, Master of Science, İzmir, 2022.

Özgüleş, M., *Gamification and Storytelling for Architectural History and Cultural Heritage Awareness*, 5th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism, 714–718, 2022.

Özgüleş, M., Kalman, M., Özyurt, M., & Şahin, S., *Exploring Student Perceptions And Experiences Of Different Teaching And Learning Approaches İn Architectural History Education: A Comparative Case Study*. Learning Environments Research, 24(2), 269–297, 2021.

Özkan, Z., & Samur, Y., *Oyunlaştırma Yönteminin Öğrencilerin Motivasyonları Üzerine Etkisi*, Ege Eğitim Dergisi, (18) 2: 857-886 857, 2017.

Redondo, E., Fonseca, D., Sánchez-Sepúlveda, M., Zapata, H., Navarro, I., Gimenez, L., & Pérez, M. A. (2020). *Edugame4city. A Gamification For Architecture Students. Viability Study Applied To Urban Design*. In International Conference on Human-Computer Interaction ,296-314, 2020.

Schnabel, M. A., Sky, L. T. T., & Aydin, S., *Gamıfıcatıon And Rule Based Desıgn Strategıes In Archıtecture Educatıon*, DesignEd Asia Conference, 2014.

Sezgin, S., Bozkurt, A., Yılmaz, E. A., & Van Der Linden, N., *Oyunlaştırma, Eğitim ve Kuramsal Yaklaşımlar: Öğrenme Süreçlerinde Motivasyon, Adanmışlık ve Sürdürebilirlik*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 0(45), 169–189, 2018.

Surendeleg, G., Murwa, V., Yun, H. K., & Kim, Y. S., *The Role Of Gamification İn Education-A Literature Review*, Contemporary Engineering Sciences, 7(29–32), 1609–1616, 2014.

Süvari, A., *Oyunlaştırma Çerçevesinde İç Mimarlık Stajının İyileştirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi*, Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir, 2021.

Thompson, J., *Teaching Global Architectural History*, Global Architectural History Teaching Collaborative (GAHTC), 2017.

Türkçe Sözlük, Ankara: TDK Yayınları, 2005

URL-1: https://akshatsinghbisht.com/what-is-gamification/ Erişim Tarihi: (20.12.2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

HBIM İLE ENERJİ TÜKETİM ANALİZİ: GAZİANTEP TAHTANİ CAMİ

Mimar Hatice KARDAŞ
Hasan Kalyoncu Üniversitesi,
htckrd123@gmail.com- 0009-0006-7650-571X

Dr. Öğretim Üyesi Merve ANAÇ
Hasan Kalyoncu Üniversitesi,
merve.anac@hku.edu.tr- 0000-0003-0281-2646

ÖZET

Son zamanların popüler kavramlarından olan enerji, sürdürülebilir kalkınmanın önemli hedefleri arasında yer almaktadır. Gelişen ve değişen dünyada enerji tüketimindeki ciddi artış birtakım problemlere yol açmaktadır. Bu artış; enerji kaynaklarının tükenmesi, küresel ısınma, sera gazı emisyonları ve karbon salınımı gibi ağır çevresel etkilere sebebiyet verebilir. Enerjinin yaklaşık %40'lık ciddi bir oranı yapı sektörü tarafından kullanılmaktadır. Bu sonuç, birçok araştırmacıyı yapılarda enerji tüketim optimizasyonu konusunda çalışmaya yönlendirmiştir. Tarihi yapılarda enerji optimizasyonu konusu, hassas karşılanan bir konudur. Bunun sebebi, bu yapıların kültürel miras değeri taşımasıdır. Yapılacak olan müdahalelerin yapının orijinalini bozmaması gerekmektedir. Belirli sınırlar çerçevesinde tarihi yapıda enerji optimizasyonu sağlayarak sürdürülebilirliğini arttırmak sosyal açıdan da büyük önem taşımaktadır. Yapı türleri arasında camiler, aralıklı doluluk olarak adlandırılan benzersiz bir işleyişe sahiptir. Camiler günün belirli vakitlerinde kullanılan, kullanımı dışında boş kalan, büyük ve geniş hacimli yapılardır. Enerji tüketiminde büyük bir sistemsizlik olsa da içerisinde büyük bir enerji tasarruf potansiyeli barındırmaktadır.

Bu çalışma, Gaziantep'teki Tahtani Cami'nin enerji analizlerinin yapıldığı bir vaka çalışmasıdır. Tahtani Cami özelinde yapılan bu çalışmada, HBIM teknolojisinin sunduğu imkanlardan yararlanarak oluşturulan modelin, hem enerji analizleri yapılarak enerji tüketim durumunu ortaya koymak hem de yapının yıllar boyu kaybolmadan dijital ortamda belgelenerek arşiv niteliği taşımasını sağlamak hedeflenmektedir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan yöntem, benzeri çalışmalar için yol gösterici bir kılavuz olma niteliği taşıması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, HBIM, Modelleme, Tarihi Cami

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS WITH HBIM: GAZIANTEP TAHTANI MOSQUE

ABSTRACT

Energy, one of the popular concepts of recent times, is among the important goals of sustainable development. The significant increase in energy consumption in the developing and changing world leads to several problems. This increase may cause severe environmental impacts such as depletion of energy resources, global warming, greenhouse gas emissions, and carbon emissions. The building sector uses a significant proportion of energy, about 40%. This result has led many researchers to work on energy consumption optimization in buildings. Energy optimization in historic buildings is a sensitive issue. This is because these buildings have cultural heritage value. The interventions to be made should not disrupt the original structure. Increasing the sustainability of the historical building by providing energy optimization within certain limits is also of great social importance. Among building types, mosques have a unique function called intermittent occupancy. Mosques are large and voluminous buildings used at certain times of the day and remain empty outside their use. Although there is great unsystematic energy consumption, there is a great potential for energy savings.

This is a case study on the energy analysis of the Tahtani Mosque in Gaziantep. This study specific to Tahtani Mosque, aims to reveal the energy consumption status of the model created by taking advantage of the possibilities offered by HBIM technology by performing energy analyses and to ensure that the building will be documented in the digital environment and become an archive without being lost for years. In addition, the method used in this study is intended to be a guiding guide for similar studies.

Keywords: Energy Consumption, HBIM, Modeling, Historic Mosque

1. GİRİŞ

Yaşanan teknolojik gelişmeler ve hayat koşullarındaki değişimlerle birlikte, her geçen gün enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artmaktadır (Seydioğulları, 2013). Enerji kullanımındaki bu artış enerji tedariğinde zorluklar ve çevresel ağır etkilerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir (Pérez-Lombard et al., 2007). Enerji kullanımındaki küresel artış ve olumsuz çevresel etkileriyle mücadele edilmesi gereklilik arz etmektedir. Enerji tüketiminin ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Marzouk et al., 2024).

Enerji tüketiminin %40'lık gibi ciddi bir oranı yapı sektörü tarafından kullanılmaktadır. Yapının yapımında, kullanımda ve yıkımında enerji kullanımı gerçekleşmektedir. Bu alanlarda yapılacak tasarruf uygulamalarının toplam enerji tüketimindeki azaltmada ciddi katkısı olacaktır (A Atmaca & Atmaca, 2015). Yapılardaki enerji tüketim kontrolsüzlüğünü gidermek ve enerji kullanımını yönetmek için BEMS (Bina Enerji Yönetim Sistemi) ortaya çıkmıştır (Bonilla et al., 2018).

Diğer yapı türlerine kıyasla tarihi yapılarda yapılacak olan enerji verimliliği uygulamalarında birtakım zorluklar çıkmaktadır. Çünkü yapılacak uygulamalar tarihi yapının miras değerine zarar verebilir (Spigliantini et al., 2019). Tarihi yapılar, kültürümüzün bir parçasıdır (Ferretti et al., 2014). Bu yüzden tarihi dokuya müdahale özel aşamalar gerektirmektedir (Şahin et al., 2015). Türkiye'de birçok tarihi yapı, yanlış restorasyon ve koruma, doğal afetler, savaşlar gibi nedenlerden dolayı yok olmuştur (Yetkin, 2020). Buna rağmen Türkiye'de çok sayıda tarihi

yapı stoğu bulunmaktadır (Somuncu, 2015). Tarihi yapı stoğunun önemli bir kısmını camiler oluşturmakladır (Topraklı & Satır, 2024).

Camiler, işleyiş ve tasarımsal olarak diğer yapı türlerine göre farklılıklar göstermektedir (I. Budaiwi & Abdou, 2013). Literatürde 'aralıklı doluluk' olarak adlandırılan kullanımı vardır. Günde 5 vakit (sabah, öğle, ikindi, akşam, yatsı) namaz ibadeti için kullanılır, onun dışında ekstra bir etkinlik olmadığı sürece boştur. Ayrıca cami yapıları geniş hacimli ve büyük yapılardır. Bu gibi durumlar camilerde performans kayıplarına neden olmaktadır (Alharbi et al., 2020). Bu konu çalışmacıların ilgisini çekmiş ve literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır(Marzouk et al., 2024). Ancak çalışmalar hala yetersizdir. Ayrıca camilerin mimari ve tasarımsal özelliği; caminin bulunduğu bölgenin inşa teknikleri, malzeme özellikleri, iklim ve topoğrafyası, kültürel özellikleri gibi etkenlerden kaynaklı değişiklik gösterdiği için bu konuda ortak bir görüş oluşması mümkün değildir (Dwela & Kayili, 2023).

Bu çalışma, HBIM metodolojisi kullanılarak enerji performans analizlerinin nasıl yapılacağına dair bir yöntem ortaya koymayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında tarihi camilerde enerji kavramının önemi de yapılan literatür taramasıyla ortaya konulacaktır.

Ayrıca çalışmanın benzer yapı grupları için de rehber niteliği taşıması hedeflenmektedir.

2. YAPILARDA ENERJİ TÜKETİMİ

Enerji tüketiminde yapı sektörünün ciddi bir rolü vardır (Zhang et al., 2020). Toplam enerji tüketiminin %40'ı yapı sektörü tarafından kullanılmaktadır (A. Atmaca & Atmaca, 2015). Bu sektörde yapılacak olan iyileştirmeler büyük önem taşımaktadır. Bunun farkında olan araştırmacılar bu alana yönelmiş ve çeşitli araştırmalar, stratejiler, uygulamalar ve yöntemler oluşturmuşlardır (Marzouk et al., 2024). Yapı sektöründe enerji tüketimindeki kontrolsüzlükler enerji kaynaklarının azalması, küresel ısınma, karbon salınımı ve çevresel bozulmalara sebep olmaktadır (Anaç et al., 2024). Enerji kullanımının kontrollü olarak sağlanması enerji tüketimindeki kontrolsüzlüğün giderilmesi için büyük önem taşımaktadır (Mariano-Hernández et al., 2021). Yapılardaki enerji tüketiminin yönetimi ve kontrolünün sağlanması için 'Enerji Yönetim Sistemleri' kurulmuştur (Reksoprodjo et al., 2023). Bu sistemler, enerji ve maliyet tasarrufu sağlamasının yanı sıra CO2 emisyonları ve sera etkisinde de azalmalar sağlamaktadır (Abd Rahman et al., 2023).

Enerji tüketiminde tasarrufun sağlanması, sürdürülebilir kalkınmanın önemli hedeflerinden biridir (Abd Rahman et al., 2023). Sürdürülebilir, enerji etkin yapı uygulamaları son zamanlarda popüler hala gelmiş, bazı sürdürülebilir uygulamalar yönetmeliklere eklenmiştir. Konuya dair çalışmalar artmış olmakla birlikte enerji güçlendirilmesine dair bilgi birikimi dağınık bir haldedir (Madushika et al., 2023).

2.1. Tarihi Yapılarda Enerji Tüketimi

Yapı sektörünün önemli bir parçası olan tarihi yapılar, kültürün bir yansımasıdır (Ferretti et al., 2014). Bu yapıların sürdürülebilirliğinin sağlanması, sosyal ve çevresel açıdan önemlidir (Spigliantini et al., 2019). Bu yüzden tarihi yapılarda enerji tasarruf çalışmaları önemli faaliyetlerdir. Ancak tarihi yapılara müdahale, diğer yapı türlerine göre farklı ve hassas bir konudur. Bunun sebebi, yapıların kültürel miras değeri taşıması ve geçmişe dair bir belge

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

niteliğinde olmasıdır. Kültürel değerini koruyup, orijinalini bozmayarak yönetmelik ve şartnamelere uygun uygulamalar yapılabilir (Galatioto et al., 2017). Tarihi bir yapının sürdürülebilirliğinin ve enerji optimizasyonunun sağlanması hem kültürel mirasın korunması hem de yapının enerji tüketim standartlarına uygun olup, çevresel olumsuz etkilerinin azaltılması gibi çok boyutlu önem arz etmektedir.

Türkiye'de birçok yapı savaşlar, doğal afetler, yanlış restorasyon ve koruma müdahaleleri sonucu yok olmuştur (Yetkin, 2020). Buna rağmen Türkiye'de çok sayıda çeşitlilik gösteren bir tarihi yapı stoğu bulunmaktadır (Somuncu, 2015). Türkiye'de, tarihi yapıların sürdürülebilirliğinin sağlanması ve enerji verimliliğinin arttırılması konusunda henüz çok az sayıda çalışma vardır. Bu alanda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Şahin et al., 2015).

2.2. Camilerde Enerji Tüketimi

Camiler, Müslümanların ibadet etmek için kullandıkları mekanlardır. Namaz kılmak, vaaz dinlemek, dini etkinlikleri gerçekleştirmek gibi sebeplerle kullanılır. Bu mekanların mimari özellikleri kültürel, bölgesel ve iklimsel farklılıklardan kaynaklı değişiklik göstermektedir (I. Budaiwi & Abdou, 2013). Yapısal tasarımında farklılıklar görülmekle birlikte hepsi Müslümanların kıblesi olarak kabul edilen Suudi Arabistan'da bulunan Mekke şehrindeki Kâbe'ye yönlendirilmiştir (A. B. Atmaca et al., 2021).

Camiler, tasarımsal ve işleyiş olarak diğer yapı türlerine göre farklılıklar göstermektedir. Genel olarak namaz kılmak için kullanıldığından beş vakit (sabah, öğle, ikindi, akşam, yatsı) namaz dışında boş kalmaktadır. Literatürde 'aralıklı doluluk yaşanan yapılar' olarak adlandırılırlar. Bu değişkenlerden dolayı enerji tüketiminde sistemsizlik ve performans kaybı ortaya çıkmaktadır (Alharbi et al., 2020). Camiler, büyük hacimli olması ve aralıklı kullanıma sahip olmasından dolayı diğer yapı türlerine oranla daha fazla enerji tüketmektedir (Alharbi, 2023). Ancak bu yapılar, enerji tasarrufu için önemli bir potansiyeli içerisinde barındırmaktadır. Mevcut potansiyellerini kullanarak enerji etkin hale getirmek için daha derin çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (I. Budaiwi & Abdou, 2013).

Isıtma-soğutma sistemleri, iç ve dış aydınlatma, ses sistemleri, su ısıtıcıları gibi etkenler camilerdeki enerji tüketiminin temelini oluşturmaktadır (Almasri et al., 2023). Bu etkenlerde yapılacak iyileştirmelerin, caminin sürdürülebilirliğini ve enerji optimizasyonunu arttıracağı düşünülmektedir (Reksoprodjo et al., 2023). Yapıldıkları bölgeye göre kıble yönü, coğrafi şartları, yapı malzemeleri ve iklim şartları değişiklik gösterdiği için bu alandaki çalışmalarda standart bir görüşün benimsenmesi mümkün değildir (Dwela & Kayili, 2023).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

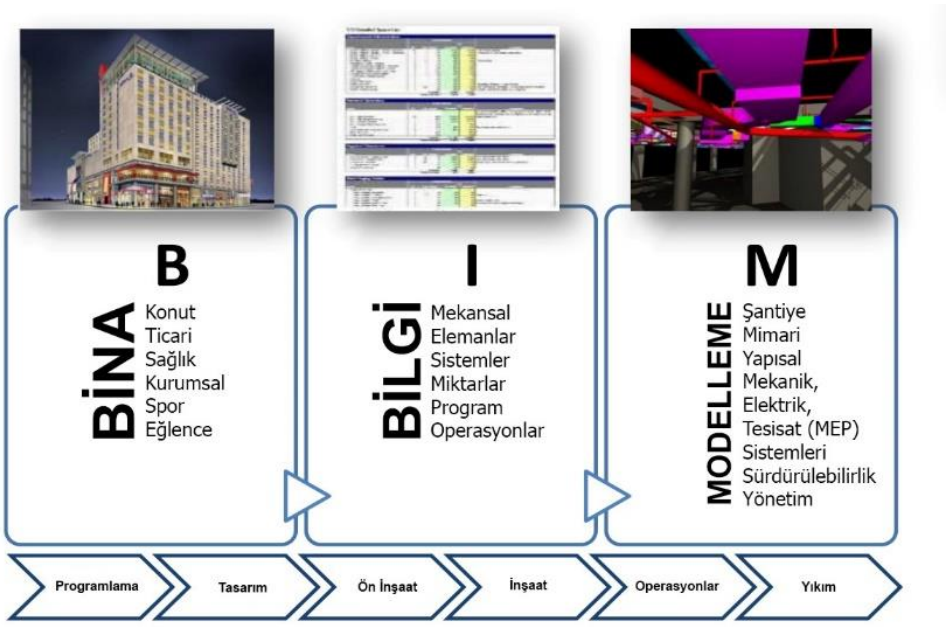
Bina enerji simülasyon programlarının kullanılması, enerji tüketimim etkileyen faktörlerin değerlendirilmesinde uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Vandenbogaerde et al., 2023). Yapılacak olan çalışmaya uygun enerji simülasyon araçlarının seçilmesi, güvenilir ve başarılı bir enerji analizi için önem taşımaktadır (I. M. Budaiwi, 2011). Bu analiz için en güvenilir teknoloji bilgisayar tabanlı simülasyon yöntemidir (Al-Tamimi et al., 2020).

Tarihi yapıların, bina enerji simülasyonlarının oluşturulmasında diğer yapılara göre çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Bunun nedeni, simülasyon araçlarının genel olarak yeni yapı teknolojileriyle uyumlu olmasından kaynaklanmaktadır (Lucchi, 2022). Bu alanı daha uyumlu

hale getirmek için daha çok tarihi yapı dijital kütüphanesi oluşturulmalıdır. Bu yöntem sayesinde doğru restorasyon ve arşivleme sistemiyle kültürel mirasın, gelecek nesiller için kalıcılığı artmış olacaktır. Ayrıca bu yapılara ait verilere ulaşılabilecek belgeler ve kaynakların farklı formatlarda, farklı kişi ve kurumlarda olmasından kaynaklı düzensizlik giderilmiş olacaktır (Anaç & Arun, 2023).

3.1. BIM

Karmaşık ve parçalı yapıda olan inşaat sektöründe, projenin yapımından yıkımına kadar çok katmanlı bir süreç mevcuttur. Bu karmaşayı azaltmak ve proje paydaşlarını ortak bir zeminde buluşturmak için yeni teknolojiler geliştirilmiştir (Al-Ashmori et al., 2020). Bu teknolojilerden biri de BIM'dir. BIM, birçok sistemi içerisinde barındıran bir dizi araç, süreç, yazılım ve teknolojidir (Rybin et al., 2019). Mimarlık, mühendislik, işletme, muhasebe gibi farklı sektörleri içinde bulunduran entegre bir oluşumdur (Succar, 2009).



Görsel 1. BIM Kavramının Görsel Temsili, (Azhar et al., 2012)

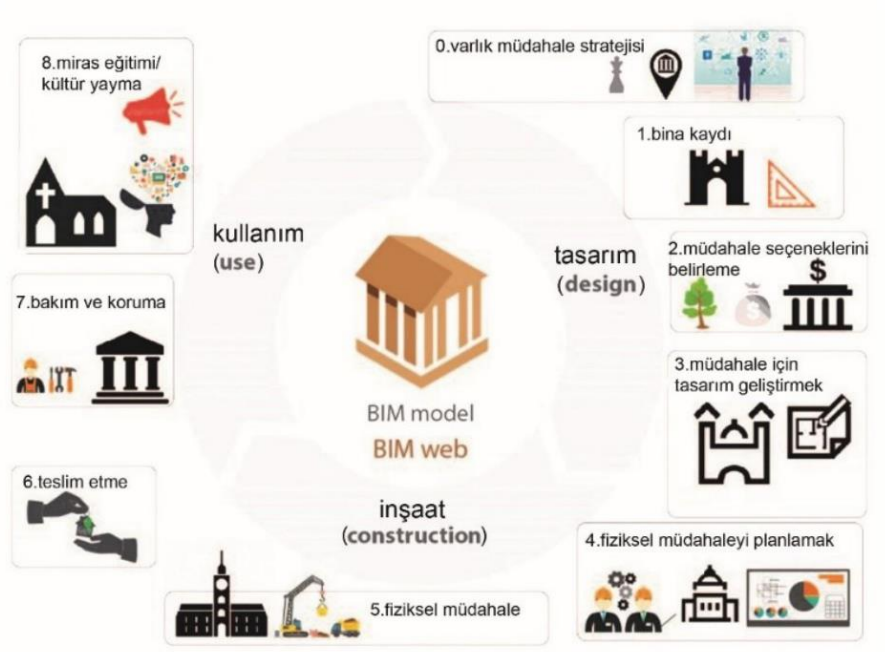
BIM, yapının yaşam döngüsü boyunca proje verileri ve üç boyutlu modelin dijital formatta yönetilmesini sağlayan bir metodoloji olarak da tanımlanabilir (Carvalho et al., 2019). Bu teknolojinin;

- Projenin verimliliğini ve üretkenliğini arttırma
- Yapılacak değişikliklerden kaynaklı zaman ve maliyet tasarrufu
- İnşaat aşamalarının sistematize edilmesi
- Farklı birimler arasındaki iletişimi iyileştirip senkronizasyonu sağlamak
- Zaman yönetiminin sağlanması
- Fizibilite ve saha çalışmalarının projeye entegrasyonu
- Daha az insan gücü ve kaliteli iş

gibi birçok avantajları mevcuttur (Al-Ashmori et al., 2020).

3.2. HBIM

BIM, yeni yapıların tasarım ve inşasına odaklı bir teknolojidir. Kütüphanesi ve araçları, basit, düzenli ve standartlaşmış nesnelerden oluşmaktadır (López et al., 2018). BIM platformunda, parametrik nesne kütüphaneleri, lazer tarama verileri, tarihsel mimari veriler kullanılarak tarihi yapının modellenmesi HBIM kavramıyla ifade edilmektedir (Murphy et al., 2009).
HBIM teknolojisi sayesinde tarihi yapının gerçeğe yakın üç boyutlu model gösterimi ortaya konmuş olur. Kültürel mirasın modelinin oluşturulması ve belgelenmesi gibi sayısız avantaj sunmaktadır (Karasaka & Ulutas, 2023). Birçok avantajı olmasına rağmen kullanımı yaygın değildir (Anaç & Arun, 2023).



Görsel 2. HBIM aşamaları (Jordan-Palomar et al., n.d.)**.(çeviri:**(Kömürcü, 2021)**)**

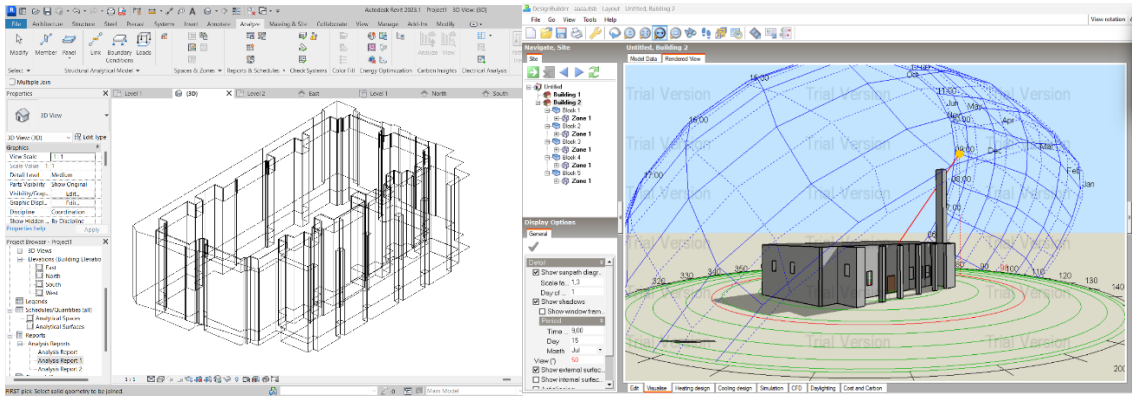
HBIM'in;

- ✓ Müdahale aşamalarında temsil modeli sunması
- ✓ Bilgisayar ile senkronize veri tabanı oluşturması
- ✓ Miras yapılarına ait verilerin olduğu dijital model kütüphanesi ortaya koyması

avantajlarından bazılarıdır (Jordan-Palomar et al., 2018).

4. BULGULAR VE SONUÇ

Tarihi camilerde enerji tüketiminin önemini ortaya koymak için bu konuyla ilişkili araştırmalar yapılmış, elde edilen veriler çalışmada sunulmuştur. Bu çalışmada, tarihi bir yapının enerji tüketiminin nasıl analiz edileceğine dair bir yöntem sunulmuştur.
Bu çalışmaya uygun enerji simülasyon aracı olarak HBIM platformu seçilmiştir. Bu platformu tanıtılıp avantajları ortaya konmuştur. HBIM tabanlı Autodesk Revit programı kullanılarak oluşturulan yapı modelinin daha detaylı enerji analizleri için yine bu uygulamayla uyumlu DesingBuilder programı kullanılmıştır.



Görsel 3-4. Autodesk Revit yapı modeli ve DesingBuilder enerji modeli, Hatice KARDAŞ

Yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, kapı-pencere yüzey alanları, ısıtma-soğutma sistemleri, aydınlatma, malzeme seçimi, yapının konumu gibi bilgiler programa öğretilerek daha detaylı enerji analizlerinin yapılması sağlanır.

Sonuç

Bu çalışmada Tarihi yapılarda enerji tüketiminin önemi, yapılan literatür çalışmasıyla ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışma, tarihi bir yapının enerji analizlerinin nasıl yapılacağına, hangi programlar kullanılabileceğine dair bir yöntem sunmaktadır.

Çalışmada kullanılan HBIM teknolojisinin, tarihi yapı için aynı zamanda arşiv niteliği taşıyacağı da görülmüştür. Bu teknoloji aynı zamanda tarihi yapının 2D çizimleri, 3D modelleri ve yapısal özelliklerinin detaylı bir şekilde tanımlandığı, ortak platformda toplandığı bir belge niteliği de taşımaktadır. Bu sayede tarihi yapıya ait verilere farklı kişi, kurum ve kuruluşlardan değil, tek elden ulaşılabilecektir. Sonuç olarak, HBIM platformunda oluşturulan model tarihi yapıya dair tüm verileri içinde barındıran dijital bir arşiv niteliği taşımaktadır.

Tarihi yapıların enerji tüketiminin değerlendirmesinde HBIM tabanlı analizlerin yenilikçi bir yaklaşım sunduğu görülmektedir. Yapılacak olan enerji iyileştirme çalışmalarıyla bu yapıların sürdürülebilirliği artırılabilir. Bu durum, toplumsal, sosyo-kültürel ve çevresel açıdan önem arz etmektedir. Ancak yapılacak olan müdahaleler tarihi yapının özgünlüğünü bozmayacak şekilde olmalıdır. Bu gibi çalışmalarda tarihi yapıların enerji performansını artırırken, kültürel mirasın korunması amacıyla farklı paydaşların (mimarlar, mühendisler ve koruma uzmanları) koordine halinde çalışması büyük önem taşımaktadır.

5. KAYNAKÇA

1. Abd Rahman, N. A., Kamaruzzaman, S. N., Akashah, F. W. & Amran, A. A. Energy efficiency compliance towards benchmarking for intermittent use religious buildings. *Facilities* 41, 705–724 (2023).
2. Al-Ashmori, Y. Y. *et al.* BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal* 11, 1013–1019 (2020).
3. Alharbi, E. Significant Design Stage Parameters Influencing the Energy Consumption of Mosque Buildings : Delphi Approach. (2023).
4. Almasri, R. A., Al-Anazi, M. A., Almarshoud, A. F., Alshitawi, M. S. & Abu-Hamdeh, N. H. Investigating energy efficiency and solar energy in Saudi mosques to achieve zero energy or zero bill. *Alexandria Engineering Journal* 68, 263–280 (2023).
5. Al-Tamimi, N., Qahtan, A. & Abuelzein, O. Rear zone for energy efficiency in large mosques in Saudi Arabia. *Energy Build* 223, 110148 (2020).

6. Anaç, M. & Arun, E. G. HBIM destekli arşiv modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 39, 443–460 (2023).
7. Anaç, M., Cuce, P. M. & Cuce, E. Passive sustainability strategies in traditional Gaziantep residences: a critical report on historical development. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 19, 245–256 (2024).
8. Atmaca, A. & Atmaca, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy Build* 102, 417–431 (2015).
9. Atmaca, A. B., Gedik, G. Z. & Wagner, A. Determination of optimum envelope of religious buildings in terms of thermal comfort and energy consumption: Mosque cases. *Energies (Basel)* 14, (2021).
10. Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T. Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. (2012) doi:10.3316/informit.013120167780649.
11. Bonilla, D., Samaniego, M. G., Ramos, R. & Campbell, H. Practical and low-cost monitoring tool for building energy management systems using virtual instrumentation. *Sustain Cities Soc* 39, 155–162 (2018).
12. Budaiwi, I. & Abdou, A. HVAC system operational strategies for reduced energy consumption in buildings with intermittent occupancy: The case of mosques. *Energy Convers Manag* 73, 37–50 (2013).
13. Budaiwi, I. M. Envelope thermal design for energy savings in mosques in hot-humid climate. *J Build Perform Simul* 4, 49–61 (2011).
14. Carvalho, J. P., Bragança, L. & Mateus, R. Optimising building sustainability assessment using BIM. *Autom Constr* 102, 170–182 (2019).
15. Dwela, H. & Kayili, M. T. The Determination of the Retrofitting Strategies on Thermal Comfort and Energy Efficiency of Mosques: The Case of Yasamkent Mosque. *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering* 9, 1–10 (2023).
16. Emad Ameen Alharbi et al., E. A. A. et al. ,. Prediction Model to Reduce Energy Consumption of Mosque Buildings, Review Paper. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development* 10, 12689–12706 (2020).
17. Ferretti, V., Bottero, M. & Mondini, G. Decision making and cultural heritage: An application of the Multi-Attribute Value Theory for the reuse of historical buildings. *J Cult Herit* 15, 644–655 (2014).
18. Galatioto, A., Ciulla, G. & Ricciu, R. An overview of energy retrofit actions feasibility on Italian historical buildings. *Energy* 137, 991–1000 (2017).
19. Jordan-Palomar, I., Tzortzopoulos, P., García-Valldecabres, J. & Pellicer, E. Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM). doi:10.3390/su10030908.
20. Karasaka, L. & Ulutas, N. Point Cloud-Based Historical Building Information Modeling (H-BIM) in Urban Heritage Documentation Studies. *Sustainability (Switzerland)* 15, (2023).
21. Kömürcü, E. Historic Building Information Modelling (HBIM). *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA* 4, 589–597 (2021).
22. López, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J. & Zalama, E. A review of heritage building information modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction* 2, (2018).
23. Lucchi, E. Energy Efficiency of Historic Buildings. *Buildings* 12, 10–12 (2022).
24. Madushika, U. G. D., Ramachandra, T., Karunasena, G. & Udakara, P. A. D. S. Energy Retrofitting Technologies of Buildings: A Review-Based Assessment. *Energies (Basel)* 16, 1–16 (2023).

25. Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O. & Santos García, F. A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis—Journal *of Building Engineering* 33, (2021).
26. Marzouk, M., El-Maraghy, M., El-Shihy, A. & Metawie, M. Evaluating energy retrofit strategies in enhancing operational performance of mosques: A case study of Al-Imam Al-Hussein Mosque. *Cleaner Energy Systems* 9, 100144 (2024).
27. Murphy, M., Mcgovern, E. & Pavia, S. Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey* 27, 311–327 (2009).
28. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. & Pout, C. A review on Building energy consumption information. *Energy Build* 40, 394–398 (2007).
29. Reksoprodjo, A. A., Sakti, B. A., Habiburrahman, M., Kirana, M. N. & Vince, W. Analysis and Improvement of Energy Consumption for Indonesia Mosque. (2023) doi:10.46254/an13.20230235.
30. Rybin, E. N., Ambaryan, S. K., Anosov, V. V., Galcev, D. V. & Fakhratov, M. A. BIM technology. *Journal «Izvestiya vuzov. Investitsiyi. Stroyitelstvo. Nedvizhimost»* 9, 98–105 (2019).
31. Seydioğulları, H. S. Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama* 23, 19–25 (2013).
32. Somuncu, M. Türkiye' de İnanç Turizmi: Bugünkü Durum, Sorunlar ve Gelecek. (2015).
33. Spigliantini, G., Fabi, V., Schweiker, M. & Corgnati, S. Historical buildings' energy conservation potentialities: A methodology focused on building operation. *International Journal of Building Pathology and Adaptation* 37, 306–325 (2019).
34. Succar, B. Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Autom Constr* 18, 357–375 (2009).
35. Şahin, C. D., Arsan, Z. D., Tunçoku, S. S., Broström, T. & Akkurt, G. G. A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. *Energy Build* 96, 128–139 (2015).
36. Topraklı, A. Y. & Satır, M. S. Analysis of evacuation time of historical mosques of 15th and 16th centuries in Turkey. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 39, 1953–1962 (2024).
37. Vandenbogaerde, L., Verbeke, S. & Audenaert, A. Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings. *Journal of Building Engineering* 76, 107233 (2023).
38. Yetkin, E. G. Sürdürülebilir Mimari Bağlamında Ülkemiz Tarihi Yapıları İçin Yeşil Bina Değerlendirme Modeli Önerisi. *Sustainability (Switzerland)* 14, 1–4 (2020).
39. Zhang, C. *et al.* A hybrid deep learning-based method for short-term building energy load prediction combined with an interpretation process. *Energy Build* 225, 110301 (2020).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TAVŞANCIL'DA TARİHİ AHŞAP BİR YAPININ ISIL PERFORMANS ANALİZİ
THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS OF A HISTORICAL WOODEN BUILDING IN TAVŞANCIL

Mimar Bilge DÜMEN DERELLİ*

Gebze Teknik Üniversitesi/ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

bderelli@gtu.edu.tr- ORCID ID 0009-0009-1377-9782

Prof. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ

Gebze Teknik Üniversitesi/Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

caipekci@gtu.edu.tr - ORCID ID 0000-0003-3170-4628

ÖZET

Son yıllarda enerji maliyetlerini düşürmek ve emisyonları azaltmak gibi sebeplerle binalarda enerji verimliliği önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Yapılan çalışmalar, binaların mevcut enerji verimliliği ve termal konfor standartlarına göre uyarlanmasının, sürdürülebilirlik ve enerji performansını artırmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, miras binalarının enerji performansının iyileştirilmesi gerektiği de tartışılmaktadır. Bu bağlamdaki gereksinimler, geleneksel yapı onarımlarında da dikkate alınarak, enerji verimliliğini artırmaya yönelik güncel malzeme kullanımlarıyla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada Kocaeli, Tavşancıl ilçesinde, yıkılmak üzere olup rekonstrüksiyonu gerçekleştirilen geleneksel bir ahşap konutun, uygulama sonrası yapı kabuğu ile ilk özgün yapı kabuğu arasında enerji verimliliği yönünden karşılaştırma yapılmasına çalışılmıştır. Yöntem olarak, ahşap yapı "DesignBuilder" enerji performans programında rekonstrüksiyon hali ve özgün hali olarak ayrı ayrı modellenmiştir. Yapının enerji performansını arttırmak amacı ile özgünden farklı olarak çatı ve dış duvarlarda ahşap karkas arasına taşyünü uygulanmış, pencere camları ısı yalıtımlı çift cam seçilmiştir. Ayrıca özgün halinde sadece toprak olan temele günümüz sistemine uygun betonarme temel üzeri kaplama yapılmıştır. Isıtma sistemi olarak doğalgaz uygulanmıştır. Model sonuçlarının sadece malzeme ve yapı kabuğu olarak değerlendirilmesi amacı ile yapının ilk dönemi için de ısıtma yöntemi yine doğralgaz olarak modellenmiştir. Yapının kullanım amacı, yaşayan kişi sayısı vb. veriler iki durum için de aynı alınmıştır. Yapılan araştırma sonuçlarında; yapının ilk özgün durumunda yıllık ısıtma ihtiyacı 8.821,2 kWh, yapının uygulama sonrası son durumunda ise yıllık ısıtma ihtiyacı 7.071,91 kWh olduğu görülmüştür. Yapılan iyileştirmelerin etki düzeyini görmek için iyileştirmeler ayrı ayrı modellenmiştir. Sonuç olarak camların ısı yalıtımlı çift cam yapılması yıllık 598,79 kWh, zeminin toprak yerine beton temel olması yıllık 68,12 kWh, çatı arasında ve dış bağdadi duvar arasında taş yünü kullanımı ise yıllık 1.143,38 kWh tasarruf sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Geleneksel Ahşap Yapılar, Isıl Performans, Enerji Verimliliği, Kocaeli, Bina Enerji Simülasyonu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

*Yüksek Lisans Öğrencisi

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin hızlanması, nüfus artışı, deniz aşırı ticaretin yaygınlaşması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve teknolojinin gelişmesi gibi faktörler enerji talebini süreğen biçimde artırmaktadır. Büyüyen enerji talebi ise çevre ve doğal kaynaklar üzerinde daha fazla baskı yaratmakta ve zaman zaman arz güvenliğine yönelik endişeleri artırmaktadır. Enerji talebi bu şekilde büyürken hem çevresel sürdürülebilirliğin hem de toplumsal huzur ve refahın temini için enerji verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması en öncelikli seçenek haline gelmektedir [1].

Avrupa Birliği'nde binalar toplam enerji tüketiminin %40'ını oluşturmakla birlikte mevcut yapı stoğu enerji verimliliği konusunda önemli potansiyele sahiptir. Mevcut yapı stoğu arasında yer alan tarihi yapılarda enerji verimliliği söz konusu olduğunda farklı davranılmalıdır. Bu yapıların kültürel, tarihi, anıt eser özelliklerinin yaşatılabilmesi için enerji verimliliği uygulamalarının gerçekleştirilmesinde özen gösterilmesi gerektirmektedir [2].

Literatüre baktığımızda, enerji maliyetlerini ve karbon emisyonlarını azaltmak için yürütülen bilimsel çalışmaların arttığı görülmektedir. Mevcut yapılarda kullanılan doğalgaz, elektrik gibi enerji tüketimini düşürmek ve konforu arttırmak da bu çalışmalar arasındadır.

İtalya Abruzzo bölgesinde bulunan tarihi yapılar üzerine yapılan bir çalışmada yöresel yapım teknikleri, yapı tiplaerinin tarihsel analizi ile birlikte incelenerek yapılarda higrotermal komfora ulaşma ihtiyacı araştırılmış, enerji verimliliklerini arttırmak için müdahaleler önerilmiştir [3].

En son 5. si 7-9 Ekim 2024 tarihlerinde düzenlenen Tarihi Binalarda Enerji Verimliliği Uluslararası Konferansları (International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings EEHB) geleneksel binaların, dünya bina stoğunun önemli ve büyüyen bir oranını temsil ettiğini, bu binaların tarihi dokusuna saygı gösterirken enerji verimliliğinin artırılmasına da katkı sağlayan çözümlere ihtiyaç duyulduğuna değinmektedir [4].

"5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu" ve buna bağlı olarak 5/12/2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi gazetede yayınlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin 2. Maddesinin 1. fıkrası (d) bendinde; "Korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde enerji verimliliğini arttırıcı uygulamaların yapılmasına ilişkin iş ve işlemleri kapsar." Maddesine baktığımızda tarihi yapılar ile ilgili de iyileştirmelerin ve bu doğrultuda enerji kimlik belgesi düzenlenebileceği söylenebilir. Ülkemizde kullanımda olan tarihi yapıların enerji performansının araştırılması bu yapıların konfor koşullarının arttırılmasına yönelik çalışmaları geliştirebilir.

Bu çalışmada Kocaeli ili, Tavşancıl ilçesinde, yıkılmak üzere olup rekonstrüksiyonu gerçekleştirilen geleneksel bir ahşap konutun, ilk özgün yapı durumu ve kullanılan bazı güncel malzemeler ile uygulama sonrası durumu arasında enerji verimliliği yönünden karşılaştırma yapmaktır. Araştırmada yapının enerji performansına direk etki eden cephe ve çatı kabuğuna odaklanılmıştır. Ayrıca söz konusu yapının yeniden yapılma sürecince statik gereksinimler sebebiyle temel sisteminde yapılan değişiklikler de ele alınmıştır.

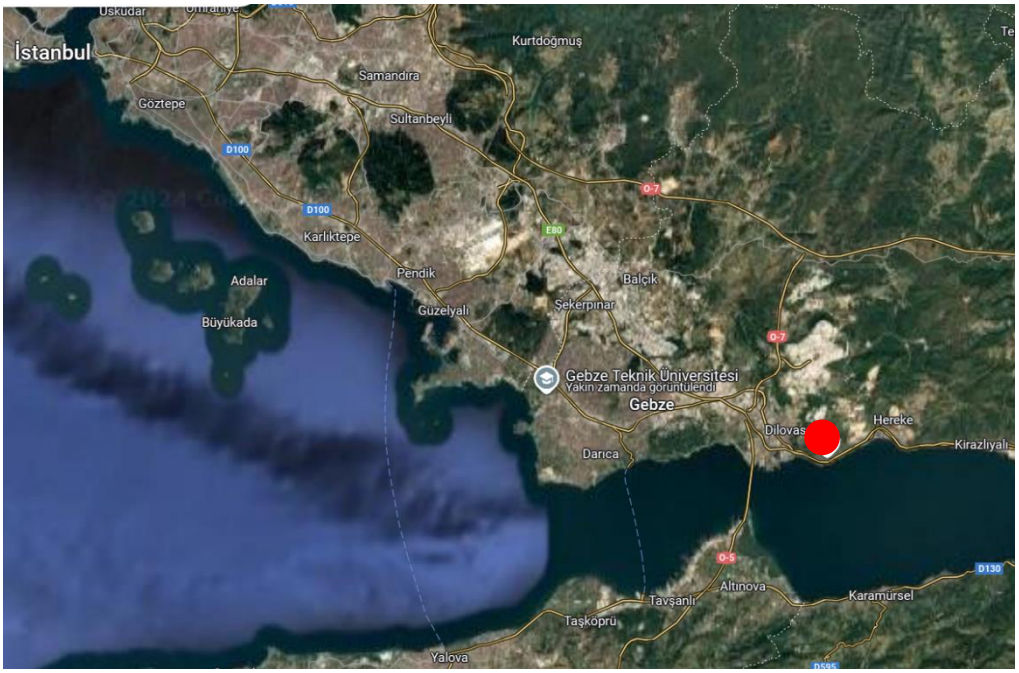
Kocaeli, Tavşancıl ilçesinde bulunan ahşap yapı, projesi ve uygulama süreci, DesignBuilder enerji simülasyon programı, TS 825 standardı ve ekleri materyal olarak kullanılmıştır. Ek olarak, konu ile ilgili ulusal ve uluslararası yayınlardan ve veri tabanlarından yararlanılmıştır.

Yöntem olarak, DesignBuilder enerji performans programında ahşap yapı, rekonstrüksiyon hali ve özgün hali olarak ayrı ayrı modellenmiştir.

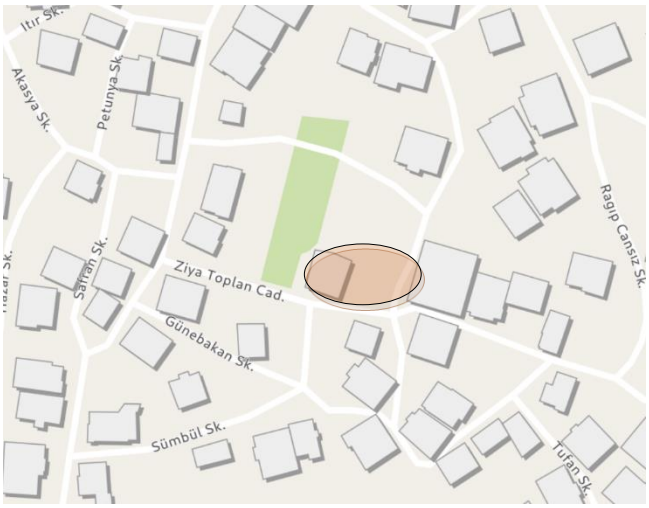
2. Çalışma Alanı

2.1. Kocaeli Tavşancıl Bölgesi Tavşancıl Evi

Araştırma konusu yapı Türkiye'nin Marmara Bölgesi, Kocaeli İli, Dilovası İlçesinde, Türk geleneksel konut mimari örneklerinin sık olduğu Tavşancıl mahallesindedir. Kocaeli körfezinin hemen kuzeyinde yer alan Tavşancıl mahallesinin (Görsel 1), deniz seviyesinden yüksekliği, ortalama 190 metredir [5]. Tavşancıl'ın Ziya Toplan caddesinde (Görsel 2) yer alan yapı 500 m² arsa içerisinde 72 m² oturum alanına sahip iki katlı ve toplam alanı 153 m²'dir.



Görsel 1. Tavşancıl'ın konumunu gösteren Uydu Fotoğrafı (Google Maps)



Görsel 2. Yapı çevresi haritası (Kocaeli Şehir Rehberi)

Türk geleneksel yapı tipine uygun olan, zemin katı kuzeyde taş ve günayde ahşap karkas arası taş dolgu duvar, 1. Katı ise içten ahşap karkas üzeri bağdadi dışı ahşap kaplama olan bir yapıdır. Dış cephede 3 cm ahşap kaplama mevcuttur. Birinci ve zemin katın neredeyse tamamı yıkılmış olan yapının rölöve restitüsyon ve rekonstrüksiyon projeleri "B. Kartal Mimarlık" tarafından, rekonstrüksiyon uygulaması ise 2016 yılında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılmıştır. Günümüzde kurs binası olarak kullanılmaktadır. Yapı etrafında komşu bir yapı bulunmamaktadır Güney cephesi yol kenarında, doğu, kuzey ve batı cephesi bahçe içerisindedir.

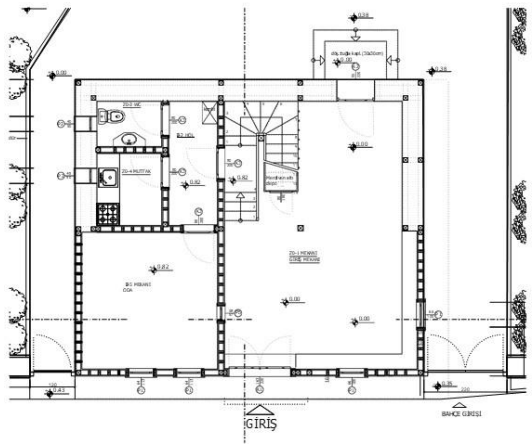


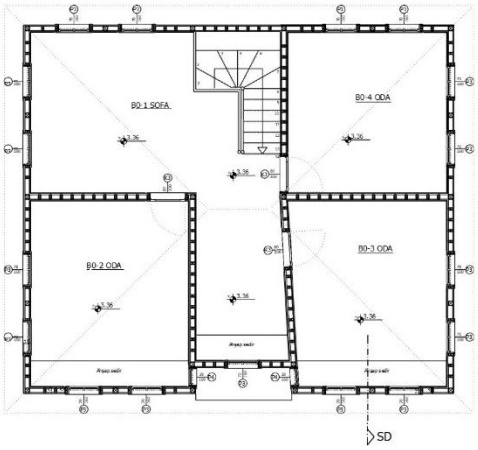
Görsel 3. Yapının uygulama öncesi özgün durumu (B. Kartal Mimarlık)



Görsel 4. Yapının rekonstrüksiyon süreci-Güney Cephe (2016)

Zemin katta ön ve arkaya kapısı olan hayat mahali, zeminden 80 cm yüksekte bir oda wc, ve mutfak yer alır. 1. katta merdivenden sofaya çıkılmaktadır. Sofa etrafında güneydoğu ve güneybatıya bakan 2 oda ve kuzeydoğuya bakan bir oda olmak üzere 3 oda bulunmaktadır. Yapı malzemeleri olarak zemin katta kuzey, doğu ve batı cephelerinin yarı kısmında kadar taş duvar ve üzeri kıtıklı kireçli sıva bulunmaktadır. Güney cephe doğu ve batının bir kısmı ise ahşap karkas arası taş dolgu üzeri kıtıklı kireç sıva ve dış kısmı ahşap kaplamadır. 1. kat duvarlar ahşap karkas bağdadi çıta ve üzeri kıtıklı kireçli sıvadır. Yeni müdahale olarak 1. katta duvar arasına 8 cm taşyünü eklenmiştir. Çatı geleneksel alaturka kiremitli kırma çatıdır. Zemin kat tavanı ahşap kirişler üzeri ahşap döşeme olup 1. kat tavanı çıtalı ahşap tavandır.





ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 5. Zemin Kat Planı (B. Kartal Mimarlık)

Görsel 6. 1. Kat Planı (B. Kartal Mimarlık)

2.2. DesignBuilder Bina Enerji Simülayon Modeli

DesignBuilder, 3D modelleme arayüzüne sahip ve simülasyonlarda hesaplama metodolojisi olarak EnergyPlus (EP 2013) kullanan dinamik bir bina enerji simülasyon yazılımıdır. Yazılım, aydınlatma ve enerji modellemesi, CFD analizi, ısıtma ve soğutma sistemi tasarımı gibi farklı modelleme özelliklerine sahiptir. Sonuçlar, yıllık, aylık, günlük, saatlik ve alt saatlik zaman dilimlerine göre elde edilebilir ve değerlendirilebilir [6].

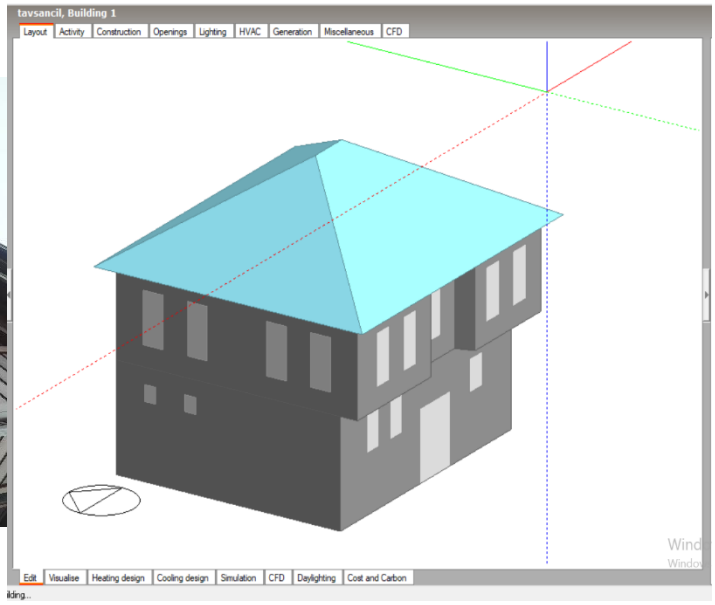
Bu çalışmada kullanılan Design Builder programı Version 7.0.2.006 öğrenci lisansıdır. Simülasyon programına aşağıdaki veriler girilmiştir.

- İklim verileri; Yapının bulunduğu bölgenin iklim verileri seçilir.

Bina mimarisi, Zonlar (mahalller, odalar); Yapı uygulama projesine uygun olarak, malzeme farklılıkları baz alınarak rekonstrüksiyon hali ve özgün hali olarak ayrı ayrı modellenmiştir. Zemin katta zonlar arasında kot farkı olması sebebiyle iç bölme duvarlar modellenmiş zonlar belirtilmiştir. 1. katta ise cephe kabuğunun tamamen aynı olması sebebiyle iç bölme duvarlar modele dahil edilmemiş tek bir zone olarak modellenmiştir.

- Bina aktivitesi her iki durum için de konut olarak seçilmiştir. Kişi sayıları her iki model için de aynı alınmıştır.
- Isıtma sistemi olarak yapıda doğalgaz ısıtma sistemi bulunmaktadır. Simülasyon sonuçlarının sadece malzeme ve yapı kabuğu olarak değerlendirilmesi amacı ile teorik olarak yapının ilk dönemi için de ısıtma yöntemi yine doğalgaz olarak modellenmiştir.
- Yapının son durumunda soğutma sistemi olmaması sebebiyle modellerde soğutma sistemi öngörülmemiştir.
- Cam cephe, duvar, tavan, taban yapı katmanları ısıl iletkenlik değerleri; Yapının özgün haline göre ve rekonstrüksiyon uygulamasında kullanılan yeni malzemelere göre ayrı ayrı modellenmiştir. Isıl iletkenlik değerleri Çizelge 1, 2, 3 ve 4'te verilmiştir.
- Programa girilen veriler ile programdan seçilen verilerin doğrulaması adına duvar katmanlarının U değerleri Rtop=Ri+R1+R2+…..Re formülü ile manuel olarak da hesaplanmış ve programda hesaplanan U değerleri ile karşılaştırılmıştır.





Görsel 7. Yapının rekonstrüksiyon sonrası durumu (2024)

Görsel 8. Yapının Modellenmesi (2024)

Yapının enerji performansını arttırmak amacı ile özgünden farklı olarak çatı arasına (0,08 cm, 150 kg/m^3) ve dış duvarlarda ahşap karkas arasına taşyünü (0,08cm, 70 kg/m^3) uygulanmış, pencere camları özgün yapıda 3 mm tek cam olarak rekonstrüksiyon sonrası durumda uygulamaya uygun olarak ısı yalıtımlı 3mm+6mmH.B.+3mm çift cam seçilmiştir. Ayrıca özgün halinde sadece toprak olan temele günümüz sistemine uygun betonarme temel üzeri kaplama yapılmıştır.

Yapı Elemanı		Duvar Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci R=d/λ (m2K/W)
	Bağdadi Duvar (Dış duvar)	0,175	-Ahşap kaplm. -Durgun hava -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,1 0,015 0,03	0,13 0,13 0,5	0,23 0,18 0,12 0,06
	Taş Dolgu Duvar (Dış Duvar)	0,195	-Ahşap kaplm -Taş Dolgu -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,12 0,015 0,03	0,13 0,70 0,13 0,5	0,23 0,17 0,12 0,06
	Taş duvar (Dış Duvar)	0,6 m	-Kıtıklı Kireç sıva -Taş duvar -Kıtıklı Kireç sıva	0,04 0,52 0,04	0,5 3,5 0,5	0,08 0,15 0,08
	Bağdadi Duvar (İç duvar)	0,21 m	-Kıtıklı Kireç sıva -Ahşap çıta -Durgun Hava -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,015 0,12 0,015 0,03	0,5 0,13 0,13 0,5	0,06 1,12 0,18 1,12 0,06

Çizelge 1. Yapının Özgün Hali Duvar Açılımları

Duvar Yapı Elemanı		Duvar Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci R=d/λ (m2K/W)
	Bağdadi Duvar (Dış duvar)	0,175	-Ahşap kaplm. -Taşyünü -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,08 0,015 0,03	0,13 0,038 0,13 0,5	0,23 2,10 0,12 0,06
	Taş Dolgu Duvar (Dış Duvar)	0,195	-Ahşap kaplm -Taş Dolgu -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,12 0,015 0,03	0,13 0,70 0,13 0,5	0,23 0,17 0,12 0,06
	Taş duvar (Dış Duvar)	0,6 m	-Kıtıklı Kireç sıva -Taş duvar -Kıtıklı Kireç sıva	0,04 0,52 0,04	0,5 3,5 0,5	0,08 0,15 0,08
	Bağdadi Duvar (İç duvar)	0,21 m	-Kıtıklı Kireç sıva -Ahşap çıta -Taşyünü -Durgun Hava -Ahşap çıta -Kıtıklı Kireç sıva	0,03 0,015 0,08 0,04 0,015 0,03	0,5 0,13 0,038 0,13 0,5	0,06 0,12 2,10 0,18 0,12 0,06

Çizelge 2. Yapının Rekonstrüksiyon Hali Duvar Açılımları

Yapı Elemanı		Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci R=d/λ (m2K/W)
	1. kat döşeme	0,03	-Ahşap döşeme kaplm. -Döşeme kirişi 10x12cm	0,03	0,13	0,23
	1. kat tavan	0,105	-Taşyünü -Tavan kaplama	0,08 0,025	0,035 0,13	2,28 0,19
	Temel	0,9 m	-Karosiman -Harç -Beton temel + Koruma betonu -Su yalıtımı -Grobeton -Blokaj	0,03 0,02 0,70 0,006 0,1 0,3	1,1 1,4 2,27 0,25 2,27 2,09	0,027 0,014 0,31 0,024 0,044 0,14
	Temel 2 3 zone	1,73	-Ahşap döşeme kaplm. -Durgun hava -Beton temel + Koruma betonu -Su yalıtımı -Grobeton -Blokaj	0,03 0,8 0,70 0,006 0,1 0,3	0,13 2,27 0,25 2,27 2,09	0,23 0,21 0,31 0,024 0,044 0,14

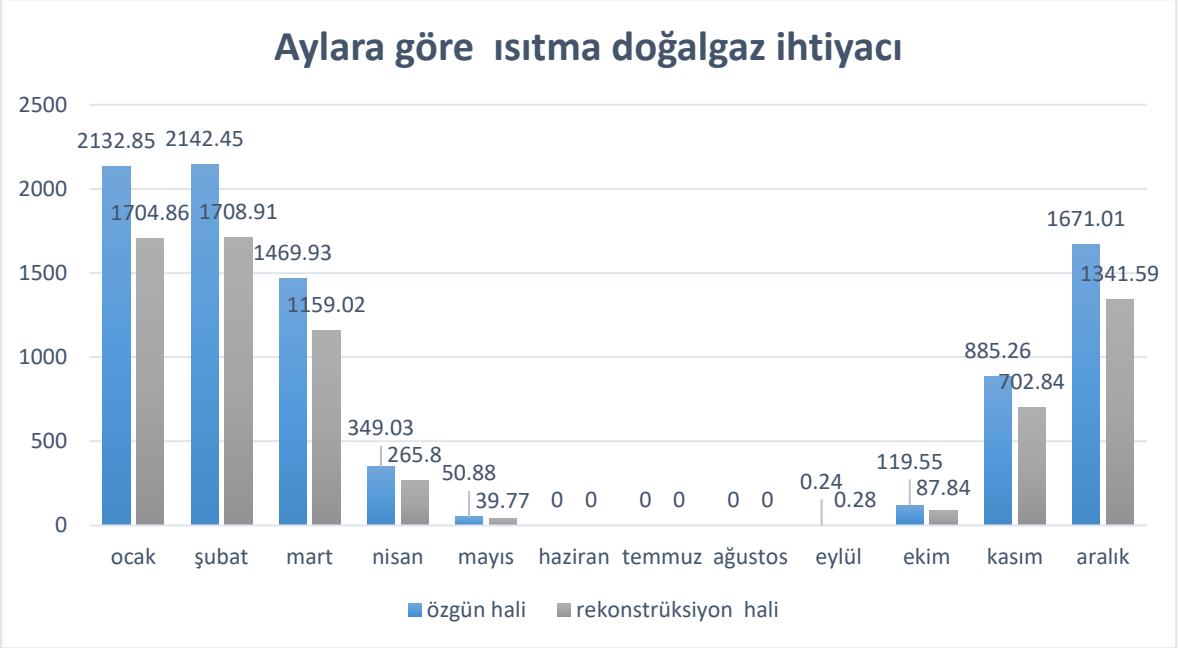
Çizelge 3. Yapının Özgün Hali Döşeme Açılımları

Yapı Elemanı		Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci R=d/λ (m2K/W)
	1. kat döşeme	0,03	-Ahşap döşeme kaplm. -Döşeme kirişi 10x12cm	0,03	0,13	0,23
	1. kat tavan	0,025	-Tavan kaplama	0,025	0,13	0,19
	Temel	0,9	-Toprak	0,9	1,28	0,70
	Temel 2 3 zone	1,73	-Ahşap döşeme kaplm. -Durgun hava -Toprak	0,03 0,8 0,9	0,13 1,28	0,23 0,21* 0,70

Çizelge 4. Yapının Rekonstrüksiyon Hali Döşeme Açılımları

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Designbuilder simülasyon programından elde edilen verilerden biri olan aylara göre yıllık doğalgaz ısıtma ihtiyacı, yapının ilk özgün durumunda yıllık 8.821,2 kWh olarak belirlenmiştir. Yapının rekonstrüksiyon uygulaması sonrası durumunda ise yıllık ısıtma doğalgaz ihtiyacının 7.071,91 kWh'e düştüğü görülmüştür. Bu sonuçlara istinaden yapılan ısı yalıtım müdahaleleriyle yapının son durumunda özgün ilk durumuna göre yıllık doğalgaz tüketiminde yaklaşık %20 oranında iyileştirme elde edilmiştir.



Grafik 1. Yapının Özgün ve Rekonstrüksiyon Halinin Aylara Göre ısıtma doğalgaz İhtiyacı

Yapılan iyileştirmelerin ne kadar etki ettiğini görmek üzere programda ayrı ayrı modelleme yapılarak iyileştirmeler tek tek ele alınmıştır. Sonuç olarak; camların ısı yalıtımlı çift cam (3mm+6hb+3mm) yapılmasının yıllık 598,79 kWh, zeminin toprak yerine beton temel olmasının yıllık 68,12 kWh, çatı arasında (8 cm 150 kg/m^3) ve dış bağdadi duvar arasında (8 cm kg/m^3) taş yünü kullanımının ise yıllık 1.143,38 kWh tasarruf sağladığı tespit edilmiştir.

Yapı Bölümü	Verimlilik değeri	Verimlilik Oranı
Temel yenileme	68,12 kWh	% 0,8
Çift Cam (3+6 h.b.+3)	598,79 kWh	% 6,8
Duvar ve Çatı arasına Taşyünü (8 cm)	1.143,38 kWh	% 13
Toplam	1.810,29 kWh	% 20,6

Çizelge 5. Yapının Malzemelere göre Doğalgaz Isıtma Tasarruf Oranları

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Son olarak, simülasyon programından elde edilen bulgular "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına" göre ele alınmıştır. Öncelikle çalışma yapılan yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, sınır değeri hesaplanmıştır. Kocaeli ilinde yer alan yapı 2. iklim bölgesinde yer almaktadır. Ts 825 Ek-A çizelgelere göre Atop /Vbrüt hesaplandığında;

Atop: Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı (m^2),

Vbrüt: Binanın brüt hacmi (ısıtılmış yapı hacmi m^3)

Atop /Vbrüt

354,32/388,094 =0,913 bulunmaktadır.

TS 825 Ek-A 1.2. çizelgeye göre 2. İklim bölgesinde yer alan yapı kat yükseklikleri 2,60'tan fazla olduğu için aşağıdaki formül kullanılmaktadır. Vbrüt ile ilişkili Qı 2.DG = 22,4 x A/V + 7,8 [kWh/ m^3,yıl] formüle göre yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri; (Q') 28,2512 kWh/ m^3 hesaplanmaktadır.

Simülasyon programından elde edilen yapıdaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ise;

Q = Qyıl /Vbrüt

Q = 30,057 kWh/ m^3 hesaplanmıştır.

Yapı için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin üstünde olduğu görülmektedir (Q > Q'). O halde yapının bu durumu, TS 825 standardına uygun değildir.

Araştırma konusu yapı örneğinde, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını sınır değerin altına düşürebilmek adına; zeminden ısı yalıtımı yapılması, çatı arasındaki yalıtım katmanının kalınlığının arttırılması, cephede kullanılan taşyünü malzemenin 8 cm yerine 10 cm ve ya daha düşük ısı iletim katsayısı olan bir malzeme seçilmesi, camlarda kalınlığı değiştirmeden low-e gibi yalıtım katmanları eklenmesi önerilebilir.

Ancak, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürebilmek için yapılabilecekler buna benzer tescilli olan ve tarihi değerinin ve özgünlüğünün korunmasının gerekli olduğu yapılarda sınırlıdır. Örneğin, cam kalınlığının artırılması giyotin pencerelerin doğrama ve çıta kalınlıklarını arttırdığından özgün giyotin pencerelerden farklılaşmasına sebep olacaktır. Veya cephedeki karkas kalınlığının özgün ölçülerden gelmiş olası sebebiyle ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı da karkas kalınlığını geçemez. Kaplaması olmayan sıva, taş veya tuğla cepheli yapılarda dış cepheye müdahale edilemediği için içten uygulama alternatifleri denemek gereklidir.

Bunlar dışında bu tip tarihi değeri olan yapılar için zeminden yalıtım çözümleri üretilmesi, ısı yalıtımlı boyaları, aerojel gibi inovatif malzemeler, mineral yalıtımlı sıvalar (sıvaterm), yalıtım keçeleri gibi yapı ile uyum sağlayabilen farklı güncel malzemelerin denenmesi araştırılabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 2023-A-101-05 no'lu "Tarihi yapılarda Enerji Verimliliğinin Araştırılması" başlıklı projenin bir bölümüdür

KAYNAKÇA

1. 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EVCED/tr/EnerjiVerimlili%C4%9Fi/UlusalEnerjiVerimlili%C4%9FiEylemPlan%C4%B1/Belgeler/2UlusalEnerjiVerimlili%C4%9FiEylemPlan%C4%B1.pdf (Erişim tarihi: 18.12.2024)

2. Şahin, C. D., Arsan, Z. D., Tuncoku, S. S., Broström, T., & Akkurt, G. G., A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey, Energy and Buildings, March, 96, 128-139, 2015.

3. De Berardini P. Rotilio M. Marchionni C. Friedman A., Improving the energy-efficiency of historic masonry buildings. A case study: A minor centre in the Abruzzo region Italy , Energy and Buildings, June, 80, 415-423, 2014.

4. https://www.eehb2024.org/ (Erişim tarihi: 30.12.2024)

5. Kocaeli İli, Dilovası İlçesi, Tavşancıl Mahallesi, 1/1.000 Ölçekli Doğal ve Kentsel Sit Alanları Koruma Amaçlı Uygulama İmar Planı Hükümlerine Plan Notu İlavesi https://webdosya.csb.gov.tr/db/kocaeli (Erişim tarihi: 29.12.2024)

6. Şahin C. D., Energy Efficıent Retrofittıng of Hıstorıcal Buıldıngs: a Case Study on The Buıldıng of Basmane Semt Merkezi – İzmir, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2013

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KÜLTÜREL MİRAS VE TURİZM: YERALTI ŞEHİRLERİNE ZİYARETÇİ PROFİLLERİ VE YILLARA GÖRE PUANLAMA DEĞİŞİMİ

Öğr. Gör. İlksen ALVEROĞLU
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi/Avanos Güzel Sanatlar Meslek Yüksekokulu,
ilksenalveroglu@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-3835-4176

Prof.Dr. Hicran Hanım HALAÇ
Eskişehir Teknik Üniversitesi/Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,
hhhalac@eskisehir.edu.tr - 0000-0001-8046-9914

ÖZET

Yeraltı şehirleri, tarihî ve kültürel mirasın benzersiz bir parçası olarak dünya genelinde önemli turistik çekim merkezleri arasında yer almaktadır. Bu çalışma, yurtdışında yer alan sekiz farklı yeraltı şehrinin ziyaretçi dinamiklerini ve ziyaretçilerin deneyimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, ziyaretçilerin aile, arkadaş, yalnız veya iş amaçlı seyahat nedenlerine göre yeraltı şehirlerine yaklaşımını analiz etmekte ve bu dinamiklerin zaman içerisindeki değişimini ortaya koymaktadır. Ayrıca, yıllar boyunca ziyaretçi yorumlarında gözlenen değişimlerin nedenleri araştırılarak, bu yapıların turistik çekiciliği ve sürdürülebilirliği üzerindeki etkiler tartışılmaktadır. Çalışmada, seçilen on yeraltı şehri incelenmiş, bu yapıların ziyaretçi profillerine ilişkin veriler analiz edilmiştir. Aile, arkadaş grubu, yalnız seyahat veya iş amaçlı ziyaretler gibi farklı motivasyonlar değerlendirilmiş, ayrıca ziyaretçi yorumlarındaki değişimler yıllık bazda incelenmiştir. Yıllara göre analiz edilen veriler, ziyaretçi profillerinde ve yorum içeriklerinde gözlenen değişimlerin nedenlerini anlamak için değerlendirilmiştir.

Araştırma, yeraltı şehirlerinin ziyaretçi profillerinin yıllar içinde nasıl değiştiğine dair önemli bulgular sunmaktadır. Çalışmanın sonuçları ziyaretçi yorumlarının ve ziyaretçi profilinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Çalışma, tarihî ve kültürel mirasın turizm sektörüyle uyumlu bir şekilde nasıl sürdürülebilir kılınabileceğine dair öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Yeraltı Şehirleri, Korku, Paranormal Turizm.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CULTURAL HERITAGE AND TOURISM: VISITOR PROFILES TO UNDERGROUND CITIES AND CHANGES IN SCORING ACCORDING TO THE YEARS

Lecturer İlksen ALVEROĞLU
Nevşehir Hacı Bektaş Veli University/Avanos Vocational School of Fine Arts,
ilksenalveroglu@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-3835-4176

Prof.Dr. Hicran Hanım HALAÇ
Eskişehir Technical University / Faculty of Architecture and Design,
hhhalac@eskisehir.edu.tr - 0000-0001-8046-9914

ABSTRACT

Underground cities, as unique components of historical and cultural heritage, hold a significant place among the world's major tourist attractions. This study aims to examine the visitor dynamics and experiences related to eight underground cities located abroad. The research analyzes visitors' perspectives on underground cities based on their travel motives, such as family trips, traveling with friends, solo trips, or business purposes, and highlights the changes in these dynamics over time. Furthermore, the reasons behind changes observed in visitor reviews over the years are explored, and their effects on the tourist appeal and sustainability of these structures are discussed.

The study examines ten selected underground cities, analyzing data on visitor profiles. Various motivations such as family trips, group travels with friends, solo visits, and business trips are evaluated, and annual trends in visitor reviews are investigated. The data, analyzed on a yearly basis, is assessed to understand the reasons behind the observed changes in visitor profiles and review content.

The research provides significant findings regarding how the visitor profiles of underground cities have changed over the years. The results reveal how visitor reviews and profiles have evolved over time. Additionally, the study offers recommendations on how historical and cultural heritage can be aligned with the tourism industry to ensure sustainable use.

Keywords: Underground Cities, Fear, Paranormal Tourism.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Dünya genelinde geçmişten günümüze birçok arkeolojik yeraltı yerleşmesi, sahip olduğu kültürel ve tarihsel özelliklerle öne çıkmaktadır. Özellikle keşfedilen yeraltı şehirleri, tarihî, kültürel ve mimari değerleriyle bulundukları toplumların belleğinde önemli bir yere sahiptir. Bu yerler, yalnızca kültürel mirasın korunması açısından değil, aynı zamanda turizm sektörüne sağladığı ekonomik katkılar nedeniyle de önemlidir.Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve internet kullanıcılarının artışı, ziyaretçilerin bilgiye erişim yöntemlerini ve turizm alanlarındaki tercihlerini doğrudan etkilemiştir. Çevrimiçi platformlar üzerinden sunulan bilgiler ve kullanıcı yorumları, turistlerin destinasyon tercihlerini yaparken önemli bir rehberlik sunmaktadır. Özellikle TripAdvisor, Booking.com ve Trivago gibi platformlar, hem tüketiciler hem de hizmet sağlayıcıları için zengin bir içerik havuzu sağlamaktadır (Cheng, Fu, Sun, Bilgihan ve Okumus, 2019).Turistlerin ziyaret ettikleri tarihi mekanlar hakkındaki değerlendirmelerini çevrimiçi yorumlar aracılığıyla paylaşmaları, destinasyonlarla ilgili algının şekillenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, yorumlar ziyaretçilerin memnuniyet düzeyini ortaya koymakta ve bu memnuniyetin tekrar ziyaret niyeti ile başkalarına tavsiye etme eğilimi üzerinde doğrudan etkili olduğu belirtilmektedir (Cohen, Prayag ve Moital, 2014). Bu durum, özellikle turistik akışın sürekliliğini sağlamada kritik bir role sahiptir (Aylan, 2019).Özellikle yeraltı yerleşmeleri gibi ilgi çekici tarihi yapılar, geçmişten günümüze taşıdığı izlerle kültürel bir köprü vazifesi görürken, çevrimiçi platformlarda ziyaretçi yorumlarıyla yeni bir iletişim ve tanıtım sürecine dahil olmaktadır. Bu yorumlar; mekanların tarihî ve kültürel değerlerine dair farkındalığı artırırken, aynı zamanda mekanların pazarlanması, markalaşması ve kurumsal itibarlarının güçlendirilmesi gibi fırsatlar yaratmaktadır (Yılmaz, 2020). Ayrıca, ziyaretçilerin mekanlara dair görüşleri, olası iyileştirme çalışmaları için değerli geri bildirimler sunmaktadır.

2. YÖNTEM

Bu araştırmanın temel amacı, TripAdvisor platformunda yer alan yorumlar aracılığıyla Dünya genelindeki yeraltı şehirlerini ziyaret eden turist profillerini incelemek ve yorumların yıllara göre nasıl değişiklik gösterdiğini analiz etmektir. Araştırma sürecinde yeraltı şehirlerinin belirlenmesi, literatür taraması ve haber kaynaklarının analizi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan yeraltı şehirleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Doğal ve Yapay Oluşumlu Yeraltı Şehirleri

Doğal Oluşumlu Yeraltı Şehirleri	**Yapay Oluşumlu Yeraltı Şehirleri**
Kish Yeraltı Şehri	Frankfurt Metro İstasyonu
Les Boves d'Arras	Helsinki Tren İstasyonu
Naourus Yeraltı Şehirleri	Pekin Yeraltı Şehri
Paris Yeraltı Mezarları	Town Hall Tren İstasyonu
Pilsen Tarihi Yeraltı Şehri	Buenos Aires Yeraltı
Petra Yeraltı Şehri	Path Yeraltı
Kudüs Yeraltı Şehri (Zedekiah Mağaraları, Batı Tünelleri)	Reso

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Subtropolis	Dover Yeraltı
Coober Pedy	Umeda District
Wieliczka Tuz Madeni	Okhotny Ryad
City of Caves	Vincom Mega Mall
Orvieto	
Dixia Cheng	
Edinburgh Yeraltı Mahzenleri	
Shanghai Tünelleri	

Çalışma, yalnızca doğal oluşumlu yeraltı şehirlerine odaklanmıştır. Bu tercihin temel nedeni, yapay yeraltı yapıların daha çok teknolojik ve mühendislik ağırlıklı bir yapıya sahip olması ve araştırmanın bağlamını tam anlamıyla karşılamamasıdır. Bunun yanı sıra, **Petra Yeraltı Şehri**, bir antik kent olarak değerlendirildiği için genel yorumların yeraltı şehrine özel olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, **Subtropolis**, **Dixia Cheng** ve **Coober Pedy** gibi yapılar, TripAdvisor üzerinde yeraltı şehri bağlamında yeterli yorum bulundurmadıkları için kapsam dışı bırakılmıştır.Ayrıca, **Edinburgh** ve **Shanghai Tünelleri**, ağırlıklı olarak paranormal turizm faaliyetleriyle ilişkilendirilen yapılar olduğu için bu türlere özel yorumlar barındırmaktadır. Bu nedenle, analiz kapsamına alınmamıştır. **Kudüs Yeraltı Şehri**, TripAdvisor üzerinde genel bir başlık altında yorumlanmamakta; yalnızca **Batı Tünelleri** ve **Zedekiah Mağaraları** olarak iki ayrı başlıkta yorumlandığı için, bu yapı iki ayrı kategori altında değerlendirilmiştir.Araştırma kapsamında, belirlenen toplam dokuz doğal yeraltı şehrine ait TripAdvisor yorumları sistematik olarak indirilmiş ve analiz edilmiştir. Yorumlar, yıllara göre sınıflandırılmış yıllara göre yorum dağılımları ve 5 Puan harika, 4 çok güzel,3 ortalama, 2 zayıf, 1 berbat olmak üzere puan dağılımları oluşturulmuştur. en çok kullanılan dil analiz edilmiş ve ilk yorumdan çalışma tarihi olan 17.12.2024 itibari ile ziyaretçi profilleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, turizm ve kültürel miras yönetimine yönelik öneriler sunmayı hedeflemektedir. Özellikle yeraltı şehirlerini ziyaret eden turist profillerinin belirlenmesiyle, bu mekanlara yönelik daha etkili ve hedef odaklı planlama stratejilerinin geliştirilebileceği öngörülmektedir

3. BULGULAR

3.1.Kish Yeraltı Şehri

Bu yeraltı şehri için 124 yorum bulunmaktadır. Çizelge 2’de yıllara göre yorum ve puan farkı görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

-Puan-Yorum Dağılımı

Çizelge 2. Puan ve yorum tablosu.

Puan												
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Top.
1				2				2		1		5
2					2		1		1			4
3	1				1	3	2	1				8
4	2	3	2	10	13	7	6	3	1		3	50
5	3	2	3	11	10	10	9	5	4			57
Genel Top.	**6**	**5**	**5**	**23**	**26**	**20**	**18**	**11**	**6**	**1**	**3**	**124**

2012-2014 yılları arasında sınırlı sayıda yorum bulunurken, 2015 ve 2016 yıllarında yorum sayılarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir; bu durum, yeraltı şehirlerine yönelik turistik ilginin artması ya da TripAdvisor kullanımının yaygınlaşması ile açıklanabilir. 2017-2019 yılları arasında yorum sayıları nispeten azalsa da yıllık ortalamalar istikrarlı bir ilgi düzeyini işaret etmektedir. Ancak, COVID-19 pandemisi nedeniyle 2020 ve 2021 yıllarında yorumlarda ciddi bir düşüş yaşanmış, 2022 ve 2023 yıllarında kısmi bir toparlanma görülmesine karşın pandemi öncesi seviyelere ulaşılamamıştır. Ziyaretçilerin değerlendirme puanlarına bakıldığında, yorumların büyük çoğunluğunun (%46) en yüksek değerlendirme olan 5 puan üzerinde yoğunlaştığı ve bunu 4 puanın takip ettiği görülmektedir. Buna karşın, düşük puanlar (1 ve 2) sınırlı sayıda olup, genel olarak ziyaretçilerin memnuniyet düzeyinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

-Ziyaretçi profili

Çizelge 3. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2012-2022
Aile olarak ziyaret edenler	38
Arkadaşları ile ziyaret edenler	21
İş için ziyaret edenler	6
Yalnız ziyaret edenler	9
Çift olarak ziyaret edenler	31

Yeraltı şehirlerine yönelik 2012-2024 döneminde yapılan TripAdvisor yorumlarına dayalı ziyaretçi profilleri incelendiğinde, en yüksek ziyaretçi grubunu aile olarak ziyaret edenlerin oluşturduğu (%38) görülmektedir. Bunu, çift olarak ziyaret edenler (%31) ve arkadaş gruplarıyla ziyaret edenler (%21) takip etmektedir. Yalnız başına (%9) ve iş amacıyla (%6) gerçekleştirilen ziyaretlerin ise nispeten daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu dağılım, yeraltı şehirlerinin genellikle sosyal ve kültürel bir deneyim arayışı içinde olan aileler ve çiftler tarafından tercih edilen bir turistik destinasyon olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, iş seyahatleri ve yalnız seyahat edenlerin oranının düşük olması, bu mekanların turistik bağlamda grup veya çift temelli deneyimlere daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır. (Çizelge 3)

-Dil Durumu

2012-2024 dönemine ait toplam 124 TripAdvisor yorumu incelendiğinde, yorumların büyük çoğunluğunun (%88,7) İngilizce olarak yapıldığı tespit edilmiştir. Diğer dillerde yazılan yorumların sayısı ise hiçbir dilde 4'ü aşmamaktadır. Bu durum, yeraltı şehirlerinin ağırlıklı olarak İngilizce

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

konuşan turistler tarafından ziyaret edildiğini ya da yorumların bu dilde yapıldığını göstermektedir. İngilizce dışındaki yorumların sınırlı sayıda olması, bu destinasyonların farklı dil gruplarındaki turistlere ulaşılabilirliğinin artırılması gerektiğine işaret edebilir.

3.2. Küdus Batı Tünelleri

-Puan-Yorum Dağılımı

3533 yorum bulunmaktadır. Yıllara göre puan dağılımına ilişkin veriler Çizelge 4'de yer almaktadır.

Çizelge 4. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1		1	1	4	2	1	6	1	1	1		1		19
2		3	4	4	1	2	6	4	1		1			26
3		15	13	28	18	26	21	15	5					141
4		50	78	114	114	85	64	50	13		5	6		579
5	7	290	404	531	490	423	313	212	50	6	21	19	2	2768
Genel Top.	**7**	**359**	**500**	**681**	**625**	**537**	**410**	**282**	**70**	**7**	**27**	**26**	**2**	**3533**

Yıllar boyunca en yüksek puan olan 5 yıldız, toplamda 2.768 kez verilmiş ve bu, tüm puanlamaların %78,3'ünü oluşturarak ziyaretçilerin genel olarak oldukça yüksek bir memnuniyet düzeyine sahip olduğunu göstermiştir. 4 yıldız değerlendirmesi, toplamda 579 kez verilmiş olup, bu puanların %16,4'ünü oluşturarak yeraltı şehirlerinin olumlu ancak eksik yönleriyle de dikkat çektiği bir ziyaretçi kitlesi tarafından değerlendirildiğini ortaya koymaktadır.

Daha düşük puanlara (1, 2 ve 3 yıldız) bakıldığında, toplam 186 puanlama ile bu tür yorumların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir (%5,3). Özellikle 1 yıldız ve 2 yıldız değerlendirmeleri (sırasıyla 19 ve 26 puanlama), ziyaretçilerin memnuniyetsizlik oranının düşük olduğunu ortaya koymaktadır. 3 yıldız değerlendirmesi ise 141 kez verilmiş olup, ziyaretçilerin bir kısmının deneyimlerini "orta" düzeyde değerlendirdiğini göstermektedir.

Yıllara göre genel puanlama dağılımı incelendiğinde, 2015-2018 yılları arasında puanlama sayılarında belirgin bir artış yaşanmış ve 2015 yılında zirveye ulaşılmıştır (681 puanlama). Bu dönemin ardından 2019 yılından itibaren puanlama sayılarında kademeli bir düşüş gözlenmiştir. COVID-19 pandemisinin etkisiyle 2020 ve 2021 yıllarında puanlamalar dramatik bir şekilde azalmış (sırasıyla 70 ve 7 puanlama), ancak 2022 ve 2023 yıllarında kısmi bir toparlanma gerçekleşmiştir.

-Ziyaretçi profili

2012-2024 yılları arasındaki ziyaretçi durumu Çizelge 5'de yer almaktadır.

Çizelge 5. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2012-2024
Aile olarak ziyaret edenler	915
Arkadaşları ile ziyaret edenler	860
İş için ziyaret edenler	117
Yalnız ziyaret edenler	278

Çift olarak ziyaret edenler	975

2012-2024 döneminde yeraltı şehirlerine yapılan ziyaretlerin ziyaretçi profilleri incelendiğinde, en yüksek oranı çift olarak ziyaret edenlerin oluşturduğu (%27,6, toplam 975 ziyaret) görülmektedir. Bunu, aile olarak ziyaret edenler (%25,9, toplam 915 ziyaret) ve arkadaş gruplarıyla ziyaret edenler (%25,1, toplam 860 ziyaret) takip etmektedir. Daha düşük oranlarda ise yalnız ziyaret edenler (%7,9, toplam 278 ziyaret) ve iş amacıyla ziyaret edenler (%3,3, toplam 117 ziyaret) yer almaktadır.

-Dil durumu

İncelenen toplam 3.533 TripAdvisor yorumunun dillerine göre dağılımı analiz edildiğinde, yorumların büyük bir kısmının İngilizce (%78,6, toplam 2.777 yorum) olduğu tespit edilmiştir. İngilizceyi, %5 oranıyla İspanyolca (176 yorum), %2,7 oranıyla Rusça (95 yorum), %2,6 oranıyla Portekizce (92 yorum) ve %2,5 oranıyla İbranice (87 yorum) takip etmektedir. Diğer dillerin oranları ise oldukça sınırlı düzeyde kalmıştır.

3.3. Les Boves d'Arras

- Puan-Yorum Dağılımı

2012-2024 yılları arasında toplam 245 TripAdvisor puanlamasının dağılımı incelendiğinde, en yüksek oranı 5 yıldız değerlendirmelerinin oluşturduğu görülmektedir (88 puan, %35,9). 4 yıldız değerlendirmeleri 104 puan (%42,4) ile ikinci sırada yer almakta olup, bu iki kategori toplam puanlamaların %78,3'ünü oluşturarak ziyaretçilerin büyük bir kısmının memnuniyet düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Orta düzey puanlama olan 3 yıldız ise 35 puan (%14,3) ile nispeten sınırlı bir orana sahiptir. Daha düşük puanlar olan 2 yıldız (13 puan, %5,3) ve 1 yıldız (5 puan, %2) ise oldukça düşük seviyelerde kalmıştır, bu da memnuniyetsizliğin genel olarak nadir olduğunu ortaya koymaktadır.(Çizelge 6)

Yıllara göre genel dağılıma bakıldığında, 2014 yılında toplam 53 puanlama ile en yoğun değerlendirme döneminin yaşandığı tespit edilmiştir. 2015-2017 döneminde puanlama sayılarında dalgalanmalar olmakla birlikte belirgin bir düşüş görülmemiştir. Ancak, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle puanlama sayısı önemli ölçüde azalmış (3 puan), 2022 ve 2023 yıllarında kısmi bir toparlanma gerçekleşmiştir.

Çizelge 6. Puan ve yorum tablosu.

Puan														
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1			4							1				5
2		1	7	1	2			1				1		13
3	1	2	6	3	6	2	5	4		3	1	1	1	35
4	3	10	21	21	9	11	8	11	2	3	3		2	104
5		9	15	12	8	20	11	7	1		5			88
Genel Top.	**4**	**22**	**53**	**37**	**25**	**33**	**24**	**23**	**3**	**7**	**9**	**2**	**3**	**245**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

-Ziyaretçi profili

Çizelge 7. Puan ve yorum tablosu.

Ziyaretçi Durumu	2012-2024
Aile olarak ziyaret edenler	51
Arkadaşları ile ziyaret edenler	43
İş için ziyaret edenler	1
Yalnız ziyaret edenler	12
Çift olarak ziyaret edenler	105

2012-2024 döneminde yapılan ziyaretlerin ziyaretçi profilleri incelendiğinde, en büyük grubu çift olarak ziyaret edenlerin oluşturduğu görülmektedir (105 ziyaret, %47,5). Bunu, aile olarak ziyaret edenler (51 ziyaret, %23,3) ve arkadaş gruplarıyla ziyaret edenler (43 ziyaret, %19,2) takip etmektedir. Yalnız ziyaret edenler (12 ziyaret, %5,4) ve iş amacıyla ziyaret edenler (1 ziyaret, %0,4) ise oldukça düşük oranlarda temsil edilmektedir. (Çizelge 7)

-Dil durumu

İncelenen toplam 245 TripAdvisor yorumunda, en sık kullanılan dilin Fransızca olduğu görülmektedir. Fransızca, 157 yorum (%64,1) ile en yüksek orana sahipken, ikinci sırada İngilizce yer almakta ve 73 yorum (%29,8) ile izlenmektedir. Diğer dillerin (İspanyolca, Almanca, İtalyanca vb.) yorum sayılarının ise 2 ile 10 arasında olduğu tespit edilmiştir.

3.4. Naorus

-Puan-Yorum Dağılımı

2010-2024 yılları arasında Wieliczka Tuz Madenleri için toplam 397 TripAdvisor yorumunun dağılımı incelendiğinde, puanlamalar arasında en yüksek yoğunluk 4 yıldız (%43,6, toplam 173 yorum) ile gözlemlenmiştir. Bunu, 5 yıldız (%35,6, toplam 141 yorum) ve 3 yıldız (%13,1, toplam 52 yorum) takip etmektedir. Daha düşük puanlar ise daha az sıklıkta görülmektedir. (Çizelge 8)

Çizelge 8. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1			1	1	2	1	3	1		1	2		1	1		14
2	1	1	4	1		4	1	2	1	1					1	17
3		1	2	2	5	9	6	7	3	4	6	3			4	52
4	1	1	3	10	11	27	27	26	23	17	8	6	6	5	2	173
5			6	5	9	13	11	20	18	17	12	4	12	9	5	141
Genel Top.	**2**	**3**	**16**	**19**	**27**	**54**	**48**	**56**	**45**	**40**	**28**	**13**	**19**	**15**	**12**	**397**

-Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi profiline bakıldığında, bu yapının büyük oranda çiftler (%27,4, toplam 109 ziyaret) ve aileler (%36,8, toplam 146 ziyaret) tarafından ziyaret edildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra, yalnız (%1,8) ve iş için (%1,0) yapılan ziyaretler daha sınırlı seviyededir. Bu, bölgenin sosyal ziyaretler için uygun bir destinasyon olduğunu ve bireysel ziyaretlerin nispeten daha az olduğunu göstermektedir.(Çizelge 9)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 9. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2010-2024
Aile olarak ziyaret edenler	146
Arkadaşları ile ziyaret edenler	45
İş için ziyaret edenler	4
Yalnız ziyaret edenler	7
Çift olarak ziyaret edenler	109

-Dil durumu

2010-2024 yılları arasında toplam 397 TripAdvisor yorumunun dağılımı incelendiğinde, en çok yorumun Fransızca dilinde (%75,1, toplam 298 yorum) olduğu görülmektedir. İkinci dil olarak İngilizce (%19,4, toplam 77 yorum) belirgin bir yer tutarken, diğer dillerin (İspanyolca, Almanca, İtalyanca) oranları oldukça düşük seviyededir.

3.5. Paris Yeraltı Mezarları

-Puan/Yorum Dağılımı

Toplam 8716 puan değerlendirmesi incelendiğinde, en yüksek puan dağılımının %45,5 ile 5. puan kategorisinde (toplam 3961 yorum) olduğu görülmektedir. Bu, ziyaretçilerin büyük çoğunluğunun bölgede olumlu deneyimler yaşadığını ve genel olarak yüksek puanlarla değerlendirdiğini göstermektedir. Ardından, %33,5 ile 4. puan kategorisi (toplam 2913 yorum) ikinci sırada yer alırken, diğer puan kategorileri daha düşük oranlarla dağılmaktadır. Bu puan dağılımları sırasıyla %12,3 ile 3. puan kategorisi (toplam 1071 yorum), %3,7 ile 2. puan kategorisi (toplam 324 yorum) ve %4,8 ile 1. puan kategorisi (toplam 447 yorum) olarak şekillenmektedir.(Çizelge 10)

Çizelge 10. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1	1	2	22	12	18	32	19	62	132	70	13	10	13	21	15	447
2		9	10	28	34	42	32	53	59	28	8	4	7	6	4	324
3	4	25	45	61	103	165	201	154	123	96	26	16	17	23	4	1071
4	11	44	151	201	309	542	489	437	313	218	47	30	39	49	20	2913
5	6	69	161	248	344	568	637	651	491	488	69	17	48	63	73	3961
Genel Top.	**22**	**149**	**389**	**550**	**808**	**1349**	**1378**	**1357**	**1118**	**900**	**163**	**77**	**124**	**162**	**116**	**8716**

-Ziyaretçi Profili

Çizelge 11. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2010-2024
Aile olarak ziyaret edenler	1824
Arkadaşları ile ziyaret edenler	1436
İş için ziyaret edenler	54
Yalnız ziyaret edenler	661
Çift olarak ziyaret edenler	3016

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

6791 ziyaretçi profili incelendiğinde, en büyük paya sahip olan ziyaretçi grubu çiftler (%44,4, toplam 3016 ziyaret) olarak tespit edilmiştir. Bunu takiben, aileler (%26,9, toplam 1824 ziyaret) ve arkadaş grupları (%21,1, toplam 1436 ziyaret) gelmektedir. Ayrıca, bireysel ziyaretçiler (%9,7, toplam 661 ziyaret) ve iş amacıyla gelenler (%0,8, toplam 54 ziyaret) daha sınırlı bir paya sahiptir.(Çizelge 11)

-Dil durumu

2010-2024 yılları arasında Wieliczka Tuz Madenleri'ne ait toplam 8716 yorumun dil dağılımı incelendiğinde, İngilizce (%68,5, toplam 5962 yorum) yorumların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. İngilizce dilinden sonra en yüksek oran Fransızca (%13,9, toplam 1209 yorum) olup, bunu Portekizce (%4,2, toplam 368 yorum) ve İspanyolca (%4,4, toplam 383 yorum) takip etmektedir.

3.6. Pilsen Yeraltı Şehri

Pilsen tarihi yeraltı şehri üzerine yapılan puan değerlendirmeleri incelendiğinde, 363 yorumdan oluşan toplam değerlendirmelerde en yüksek puan kategorisinin %45,8 ile 5. puan kategorisinde (toplam 166 yorum) olduğu görülmektedir. Bu, ziyaretçilerin büyük bir kısmının Pilsen yeraltı şehrini olumlu bulduğunu ve genellikle yüksek puanlarla değerlendirdiğini göstermektedir. İkinci sırada ise %35,5 ile 4. puan kategorisi (toplam 129 yorum) yer almaktadır. Daha düşük sıralamalarda ise 3. puan kategorisi (%11,6, toplam 42 yorum) ve 2. puan kategorisi (%4,7, toplam 17 yorum) bulunurken, 1. puan kategorisi (%2,5, toplam 9 yorum) en az tercih edilen kategori olarak karşımıza çıkmaktadır. (Çizelge 12)

Çizelge 12. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1				1		3	2			2					1	9
2					1	4	4	2	1	2					3	17
3		2	3	4	5	11	4	6	1	4	1				1	42
4	1	1	3	6	6	20	21	32	19	10	3	1	3	1	2	129
5			2	8	10	22	31	28	27	21	6	3	2	6		166
Genel Top.	**1**	**3**	**8**	**19**	**22**	**60**	**62**	**68**	**48**	**39**	**10**	**4**	**5**	**7**	**7**	**363**

-Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi profiline bakıldığında, 2012-2024 yılları arasında yapılan toplam 363 yorumun dağılımı incelendiğinde, en fazla ziyaretçi profilinin "çift olarak" ziyaret edenler olduğu görülmektedir. Toplam 3016 yorum bu kategoriye aittir. Bunu, "aile olarak" (1824) ve "arkadaşlarıyla" (1436) ziyaret edenler takip etmektedir. "Yalnız" (661) ve "iş için" (54) gelen ziyaretçiler ise daha düşük bir orana sahiptir. Bu veriler, Pilsen yeraltı şehrinin özellikle çiftler ve aileler tarafından daha çok tercih edildiğini göstermektedir. (Çizelge 13)

Çizelge 13. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2009-2024
Aile olarak ziyaret edenler	1824
Arkadaşları ile ziyaret edenler	1436
İş için ziyaret edenler	54
Yalnız ziyaret edenler	661
Çift olarak ziyaret edenler	3016

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

-Dil durumu

Dil durumu açısından ise, toplam 363 yorum arasında en çok tercih edilen dil İngilizce'dir. 136 yorum ile en büyük dil grubunu oluştururken, Almanca 71 yorumla ikinci sırada yer almaktadır. Çekçe ise 43 yorumla üçüncü sıradadır.

3.7. City Of Caves

-Puan-Yorum Dağılımı

City of Caves, 2006 yılında ilk yorumların yapıldığı ve bu tarihe kadar yorumların oldukça sınırlı seviyede olduğu gözlemlenmiştir. 2006'da yalnızca 2, 2007'de 3, 2008'de ise 1 yorum yer almaktadır. 2010 yılından sonra ise yorum sayısı önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu dönemde yorumlar daha düzenli bir şekilde tabloya yansımaktadır. 2010'dan itibaren özellikle puan dağılımlarına baktığımızda, 4 ve 5 numaralı puan kategorilerinin daha sık tercih edildiği görülmektedir. 2013 yılına kadar bu kategoriler yüksek puanlarla oldukça belirgin bir şekilde öne çıkarken, 2014'ten itibaren daha geniş bir dağılım göstererek tüm puan kategorilerinin katkısı artmıştır.(Çizelge 14)

Çizelge 14. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1	1		3		2	4	5	2	5	2	1	3	7	2	5	43
2	1		4	5	7	6	10	8	2	6	1	2	2	1	2	58
3			11	16	16	28	39	21	22	10	1	4	8	6	3	185
4	2	1	29	37	41	68	95	86	62	59	19	13	15	22	11	562
5		1	12	30	26	73	94	76	62	111	38	15	45	125	50	760
Genel Top.	**4**	**2**	**59**	**88**	**92**	**179**	**243**	**193**	**153**	**188**	**60**	**37**	**77**	**156**	**71**	**1608**

-Ziyaretçi Profili

2012-2024 yılları arasında yapılan 1608 yorumun analizinde, ziyaretçi profiline bakıldığında "çift olarak" ziyaret edenlerin sayısının en yüksek olduğunu göstermektedir. 561 yorum ile bu kategori öne çıkarken, "aile olarak" (%417) ve "arkadaşlarıyla" (%257) ziyaret edenler de önemli bir paya sahiptir. "Yalnız" (%103) ve "iş için" (%15) ziyaret edenler ise daha düşük bir oranla gözlemlenmiştir. (Çizelge 15)

Çizelge 15. Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi Durumu	2010-2024
Aile olarak ziyaret edenler	417
Arkadaşları ile ziyaret edenler	257
İş için ziyaret edenler	15
Yalnız ziyaret edenler	103
Çift olarak ziyaret edenler	561

-Dil durumu

Dil dağılımına baktığımızda, 1608 yorumun 1534'ünün İngilizce dilinde olduğu belirlenmiştir. İngiltere'de bulunması ve bölgeye yönelik yabancı turist sayısının yüksek olması nedeniyle, İngilizce dilinin yoğunluğu beklenebilir bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.8. Orvieto Yeraltı Şehri

-Puan-Yorum Dağılımı

Orvieto hakkında yapılan değerlendirmeler, ziyaretçi profilinin ve dil dağılımının bölgenin turistik yapısıyla uyumlu olduğunu göstermektedir. Puan dağılımı incelendiğinde, 2012-2024 yılları arasında 2144 yorumun toplamda dağılımının nasıl gerçekleştiği açık bir şekilde görülmektedir. Puan 5, 4 ve 3 gibi yüksek puanlı kategoriler, ziyaretçilerin daha olumlu değerlendirmeler yaptığı bölümler olarak öne çıkmıştır.(Çizelge 16),

Çizelge 16. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1				1	2	3		2	2	1	5	4	2	2		24
2			1	2	4		6		5	2	2	2		1	1	26
3		2	9	10	12	31	34	27	20	22	4	2	4	1	1	179
4	2	6	21	44	65	104	154	143	86	66	17	7	13	6	9	743
5	1	7	43	59	73	171	208	172	137	101	48	24	35	33	60	1172
Genel Top.	**3**	**15**	**74**	**116**	**156**	**309**	**402**	**344**	**250**	**192**	**76**	**39**	**54**	**43**	**71**	**2144**

-Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi profiline bakıldığında, "çift olarak" (978) ve "aile olarak" (504) ziyaret edenlerin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bölgeye daha çok çift ve ailelerin ilgisi olduğunu ve kalış sürelerinin daha uzun olabileceğini işaret etmektedir. "Arkadaşları ile ziyaret edenler" (296) ve "yalnız" (103) ziyaret edenlerin oranı ise daha düşük seviyededir. (Çizelge 17)

Çizelge 17. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2009-2024
Aile olarak ziyaret edenler	504
Arkadaşları ile ziyaret edenler	296
İş için ziyaret edenler	9
Yalnız ziyaret edenler	103
Çift olarak ziyaret edenler	978

-Dil Durumu

Dil dağılımı açısından ise, 1182 yorum ile İtalyanca en yüksek dil olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, bölgenin İtalya sınırları içerisinde bulunmasından kaynaklanmaktadır. İtalyanca'yı İngilizce (771) takip etmektedir. İngilizce, Orvieto'da bulunan yabancı turistlerin önemli bir kısmının dil tercihini yansıtmaktadır.

3.9. Wieliczka Tuz Madenleri

-Puan-Yorum Dağılımı

Wieliczka Tuz Madenleri üzerine yapılan analizde, toplam 14,616 TripAdvisor yorumundan 10,820 adedi incelenmiştir. Bu yorumların dağılımı, yıldan yıla puanlama yoğunluğuna göre farklılık göstermektedir. En fazla puanlama, 5 yıldız (6779 yorum, %62,7) ile en yüksek memnuniyeti yansıtan değerlendirmelere sahiptir. Bu, ziyaretçilerin genel olarak Wieliczka Tuz Madenleri'nden yüksek

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

düzeyde memnuniyet duyduğunu göstermektedir. 4 yıldız puanlamaları da 2547 yorum (%23,5) ile ikinci en yüksek oranı oluştururken, 3 yıldız (895 yorum, %8,3) ve daha düşük puanlamalar ise daha sınırlı düzeyde kalmıştır. (Çizelge 18)

Çizelge 18. Puan ve yorum tablosu.

Puan											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1	10	48	32	45	53	6	7	17	12	22	252
2	17	64	76	74	54	12	7	8	17	18	347
3	58	241	162	179	135	25	7	25	30	33	895
4	187	632	623	476	374	67	20	32	75	61	2547
5	408	1748	1505	1301	1028	209	70	98	213	199	6779
Genel Top.	**680**	**2733**	**2398**	**2075**	**1644**	**319**	**111**	**180**	**347**	**333**	**10820**

-Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi profiline bakıldığında, Wieliczka Tuz Madenleri'ne yapılan ziyaretlerin büyük çoğunluğunun çiftler (%45,3, toplam 5,220 ziyaret) ve arkadaş grupları (%33,0, toplam 3,498 ziyaret) tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Aile ziyaretleri (%16,7, toplam 2,398 ziyaret) ve yalnız ziyaretler (%5,5, toplam 801 ziyaret) daha düşük oranlarda kalmaktadır.

Çizelge 19. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2015-2024
Aile olarak ziyaret edenler	2398
Arkadaşları ile ziyaret edenler	3498
İş için ziyaret edenler	201
Yalnız ziyaret edenler	801
Çift olarak ziyaret edenler	5220

-Dil durumu

Bu yorumların dil dağılımına bakıldığında, en yüksek oranı İngilizce (%55,1, toplam 5,961 yorum) alırken, ikinci en yüksek dil İtalyanca (%7,1, toplam 1,143 yorum) olarak tespit edilmiştir. İngilizce ve İtalyanca dışındaki dillerin ise 2-10 yorum arasında olduğu görülmektedir.

3.10. Zedekiah

-Puan-Yorum Dağılımı

Zedekiah mağaraları üzerine yapılan analizde, 2011-2024 yılları arasında toplam 89 TripAdvisor yorumunun dağılımı incelendiğinde, en yüksek oranı 5 yıldız puanlamalarının oluşturduğu görülmektedir (36 yorum, %40,4). Bu, ziyaretçilerin memnuniyet düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. 4 yıldız puanlamaları 32 yorum (%36,0) ile ikinci sırada yer alırken, daha düşük puanlar olan 3 yıldız (13 yorum, %14,6) ve 2 yıldız (6 yorum, %6,7) ise sınırlı kalmıştır. 1 yıldız değerlendirmesi ise yalnızca 2 yorum (%2,2) ile çok düşük bir orana sahiptir. (Çizelge 20)

Çizelge 20. Puan ve yorum tablosu.

Puan	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Top.
1													1	1	2
2							4		2						6
3	1	2		3	1	1	2	1	2						13
4		3	4	2	4	6	4	4	2	1	1		1		32
5		3	3	5	4	8	3	2	4	1		1	1	1	36
Genel Top.	**1**	**8**	**7**	**10**	**9**	**15**	**13**	**7**	**10**	**2**	**1**	**1**	**3**	**2**	**89**

-Ziyaretçi Profili

Ziyaretçi profillerine bakıldığında, Zedekiah mağaralarına yapılan ziyaretlerin büyük çoğunluğunun çiftler (%22,5, toplam 20 ziyaret) ve arkadaş gruplarıyla (%21,3, toplam 19 ziyaret) gerçekleştiği görülmektedir. Aile ziyaretleri (%15,7, toplam 14 ziyaret), yalnız ziyaretler (%15,7, toplam 14 ziyaret) ve iş amaçlı ziyaretler (%1,1, toplam 1 ziyaret) ise daha düşük orandadır. Bu, Zedekiah mağaralarının sosyal ve grup bazlı ziyaretlere daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır. (Çizelge 21)

Çizelge 21. Ziyaretçi Profili.

Ziyaretçi Durumu	2011-2024
Aile olarak ziyaret edenler	14
Arkadaşları ile ziyaret edenler	19
İş için ziyaret edenler	1
Yalnız ziyaret edenler	14
Çift olarak ziyaret edenler	20

-Dil Durumu

Dil dağılımına bakıldığında, Zedekiah mağaralarında yapılan toplam 89 yorumun %55,1'i İngilizce (49 yorum) olup, en yüksek orana sahiptir. Bu, bölgenin İngilizce konuşan turistler tarafından daha sık ziyaret edildiğini ve yorumların bu dilde yazıldığını göstermektedir. İkinci en yüksek dil ise Rusçadır, 13 yorum (%14,6) ile öne çıkmaktadır. Diğer dillerde ise yorum sayılarının 10'un altında olduğu tespit edilmiştir.

DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

-Puanlama ve Yorum

En yüksek 5 yıldız puan ortalaması %78,3 ile Kudüs Batı Tünelleri'nde görülmektedir. Bu oran, bu şehrin çok yüksek bir memnuniyet seviyesi sunduğunu işaret etmektedir. Wieliczka Tuz Madenleri (%62,7) ve Paris Yeraltı Mezarları (%45,5) gibi şehirler de memnuniyet oranlarıyla öne çıkmış; buna karşılık Les Boves d'Arras gibi yapılarda memnuniyet oranları daha düşük bulunmuştur (%35,9). Çift ve aile ziyaretçilerine özgü sosyal odaklı deneyim arayışlarını destekleyen yapılar, genellikle bu kategoride daha üst sıralarda yer almıştır.

Daha düşük memnuniyet oranlarına sahip olan Kish Yeraltı Şehri gibi destinasyonlar (%46,0), turistik hizmetlerde geliştirilmeye açık noktaları vurgulamış olabilir. Genel olarak bakıldığında, turistik odak ve yapının ziyaretçilere sunabildiği deneyim doğrudan memnuniyet oranlarını şekillendirmiştir.(Çizelge 22)

Çizelge 22. Puan ve yorum tablosu.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yeraltı Şehri	5 Yıldız (%)	4 Yıldız (%)	3 Yıldız (%)	2 Yıldız (%)	1 Yıldız (%)
Kish Yeraltı Şehri	46	32	14	5	3
Küdüs Batı Tünelleri	78,3	16,4	4	1	0,3
Les Boves d'Arras	35,9	42,4	14,3	5,3	2
Naorus Yeraltı Şehri	35,6	43,6	13,1	4,4	3,3
Paris Yeraltı Mezarları	45,5	33,5	12,3	4,7	4
Pilsen Yeraltı Şehri	45,8	35,5	11,6	4,7	2,5
City of Caves	47,3	35	11,5	3,6	2,6
Orvieto Yeraltı Şehri	54,7	34,6	8,3	2,3	0,1
Wieliczka Tuz Madenleri	62,7	23,5	8,3	2,4	1,2

-Ziyaretçi Profilleri

Ziyaretçi profillerinde belirgin bir biçimde çiftlerin, şehirlerin ana ziyaretçi gruplarını oluşturduğu görülmektedir. Bu oran Wieliczka Tuz Madenleri'nde %45,3, Paris Yeraltı Mezarları'nda ise %44,4 olarak kaydedilmiştir. Aile ziyaretçileri de Paris ve Kish yeraltı şehirlerinde dikkat çekici bir yer tutmuştur. Buna karşın, Naorus gibi kimi destinasyonlar bireysel ziyaretçiler tarafından daha az tercih edilmektedir (%1,8).(Çizelge 23)

Bireysel ve iş amaçlı ziyaretlerin nispeten sınırlı kalması, bu yapıların genellikle sosyal bir bağlamda deneyimlenmek istendiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, bireysel ziyaretleri artırmaya yönelik farklı deneyim sunan stratejiler geliştirilebilir.

Çizelge 23. Puan ve yorum tablosu.

Yeraltı Şehri	Aile Ziyaret(%)	Çift Ziyaret (%)	Arkadaş Ziyaret (%)	Yalnız Ziyaret (%)	İş Amaçlı Ziyaret (%)
Kish Yeraltı Şehri	38	31	21	9	6
Küdüs Batı Tünelleri	25,9	27,6	25,1	7,9	3,3
Les Boves d'Arras	23,3	47,5	19,2	5,4	0,4
Naorus Yeraltı Şehri	36,8	27,4	25,7	1,8	1
Paris Yeraltı Mezarları	26,9	44,4	21,1	9,7	0,8
Pilsen Yeraltı Şehri	33,1	43,2	18,4	3,9	1,4
City of Caves	25,9	35,7	16,2	2,4	0,3
Orvieto Yeraltı Şehri	23,5	40,5	15,2	1	0,2
Wieliczka Tuz Madenleri	16,7	45,3	33	5,5	1

-Dil Durumu

Analiz edilen yorumlarda, dil dağılımları dikkat çekici bulgular ortaya koymuştur. Paris Yeraltı Mezarları ve Wieliczka Tuz Madenleri gibi çok ziyaret edilen destinasyonlarda, yorumların büyük bir kısmı (%55–68 aralığında) İngilizce yapılmıştır. Orvieto ve Les Boves d'Arras gibi daha yerel odaklı şehirlerde ise yorumlar yoğunlukla yerel dillerde (Fransızca ve İtalyanca) olmuştur.

Uluslararası ziyaretçilerin ağırlıkta olduğu destinasyonlarda yorumlar çoğunlukla İngilizce yapılırken, yerel odaklı şehirlerde yerel diller baskın olmuştur. Bu durum, farklı hedef gruplara erişim için çok dilli iletişim stratejilerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında önerilen, çok dilli bilgilendirme materyalleri ve dijital platformların aktif kullanımı, uluslararası turizmden açısından etkili bir çözüm olabilir.

KAYNAKÇA

Arıca, R., & Çorbacı, A. (2019). Turizm sektöründe müşterilerin bilgi üretici rolü: Adıyaman'daki turistik çekiciliklere yönelik Tripadvisor sitesinde yer alan yorumlar üzerine bir araştırma. Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi, 16(3), 437–455.

Aylan, S. (2019). Ulubey Kanyonlarına yönelik sosyal medyada yapılan ziyaretçi yorumlarının içerik analizi: TripAdvisor.com örneği. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 7(4), 2582–2598.

Cheng, X., Fu, S., Sun, J., Bilgihan, A., & Okumus, F. (2019). An investigation on online reviews in sharing economy-driven hospitality platforms: A viewpoint of trust. Tourism Management, 71, 366–373.

Cohen, S. A., Prayag, G., & Moital, M. (2014). Consumer behaviour in tourism: Concepts, influences and opportunities. Current Issues in Tourism, 17(10), 872–909.

Yılmaz, E. S. (2020). The effects on consumer behavior of hotel-related comments on the TripAdvisor website: An Istanbul case. Advances in Hospitality and Tourism Research, 8(1), 1–29. https://doi.org/10.30519/ahtr.536303

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TARİHİ YAPILARIN KULLANILMASINDA RESTORE ET- İŞLET-DEVRET SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

Öğr. Gör. İlksen ALVEROĞLU
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi/Avanos Güzel Sanatlar Meslek Yüksekokulu,
ilksenalveroglu@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-3835-4176

Prof.Dr. Hicran Hanım HALAÇ
Eskişehir Teknik Üniversitesi/Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,
hhhalac@eskisehir.edu.tr - 0000-0001-8046-9914

ÖZET

Taşınmaz kültür varlıkları, toplumların geçmişine ışık tutan ve kültürel kimliğin sürekliliğini sağlayan önemli değerlerdir. Estetik ve tarihî anlamlarının yanı sıra, kültürel hafızayı gelecek nesillere aktaran birer miras niteliğindedir. Ancak kentleşme, altyapı projeleri, ekonomik büyüme ve küreselleşme süreçleri bu yapıların korunmasını tehdit etmektedir. Restorasyon ve bakım süreçlerinin maliyetli, uzun ve yasal engellerle sınırlı olması, bu alanda yenilikçi finansman modellerine olan ihtiyacı artırmıştır. Bu doğrultuda, kamu ve özel sektör iş birliğini esas alan "Restore Et-İşlet-Devret" (RİD) modeli, taşınmaz kültür varlıklarının korunmasında etkili bir çözüm sunmaktadır. RİD modeli, restorasyon sonrası işletme ve bakım süreçlerini özel sektöre devrederek, kültürel varlıkların sürdürülebilir korunmasını ve ekonomik olarak işlevselleştirilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'deki taşınmaz kültür varlıklarının korunmasında önemli bir mekanizma haline gelen RİD modelinin 2002-2024 yılları arasındaki uygulamalarını incelemektedir. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün (VGM) faaliyet raporları ve literatürden elde edilen veriler, modelin zaman içerisindeki gelişimini, restorasyon sonrası yapıların nasıl işlevlendirildiğini ve modelin etkilerini ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulguları, RİD modelinin kültürel mirası yaşatarak korunmasına önemli katkılar sağladığını, bu yapıların ekonomik değerlerini artırdığını ve sürdürülebilir kullanımını teşvik ettiğini göstermektedir. Ayrıca, modelin taşınmaz kültür varlıklarının korunmasına yönelik yenilikçi bir çözüm sunduğu ve literatürdeki boşluğu doldurarak somut veri temelli katkılar sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Restore Et-İşlet-Devret, Kültür Varlıkları, Vakıflar Genel Müdürlüğü.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ANALYSIS OF THE RESTORE-OPERATE-TRANSFER SYSTEM IN THE UTILIZATION OF HISTORICAL BUILDINGS

Lecturer İlksen ALVEROĞLU
Nevşehir Hacı Bektaş Veli University/Avanos Vocational School of Fine Arts,
ilksenalveroglu@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-3835-4176

Prof.Dr. Hicran Hanım HALAÇ
Eskişehir Technical University / Faculty of Architecture and Design,
hhhalac@eskisehir.edu.tr - 0000-0001-8046-9914

ABSTRACT

Immovable cultural assets are essential elements that shed light on the past of societies and ensure the continuity of cultural identity. Besides their aesthetic and historical significance, they serve as a legacy that transmits cultural memory to future generations. However, processes such as urbanization, infrastructure projects, economic growth, and globalization pose threats to their preservation. The costly, time-consuming nature of restoration and maintenance processes, coupled with legal obstacles, has heightened the need for innovative financing models in this area. In this context, the "Restore-Operate-Transfer" (ROT) model, based on public-private sector collaboration, offers an effective solution for the preservation of immovable cultural assets. This model ensures the sustainable conservation and economic functionality of cultural assets by entrusting restoration and subsequent operation and maintenance to the private sector.

This study examines the applications of the ROT model, which has become a significant mechanism in the conservation of immovable cultural assets in Turkey between 2002 and 2024. Data obtained from the activity reports of the General Directorate of Foundations (GDF) and literature reviews reveal the development of the model over time, the post-restoration utilization of the assets, and its overall impacts. Findings demonstrate that the ROT model contributes significantly to the conservation of cultural heritage by ensuring its continuity, increasing the economic value of historical buildings, and promoting sustainable use. Furthermore, it offers an innovative solution for preserving immovable cultural assets, filling gaps in the literature, and presenting data-based insights on the model's effectiveness in protecting cultural heritage.

Keywords: Restore-Operate-Transfer, Cultural Heritage, General Directorate of Foundations.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Taşınmaz kültür varlıkları, bulundukları bölgenin kültürel ve sosyal yapısına ilişkin önemli ipuçları sunarak geçmiş ile gelecek arasında bir köprü görevi görmektedir. Bu varlıkların korunması, yalnızca fiziksel yapıların sürekliliğini sağlamaktan öte, toplumun kültürel mirasının gelecek nesillere aktarılması açısından kritik bir öneme sahiptir (Kiper, 2004). Ancak, Türkiye'de son otuz yılda yaşanan hızlı ekonomik büyüme ve küreselleşme süreçlerine paralel olarak kentlerde meydana gelen dönüşümler, imar faaliyetlerini öncelikli bir konu haline getirirken, koruma olgusunu arka plana itmiştir. Özellikle kıyıların yapılaşması, metropolleşme ve uluslararası entegrasyon gibi süreçlerin ekonomik büyümeyi destekleyen etkileri, kültürel miras alanlarında rant odaklı yaklaşımların artmasına neden olmuştur. Bu durum, taşınmaz kültür varlıklarının korunması konusunda ciddi zorluklar yaratmakta; bilgisizlik, bilinçsizlik, ekonomik kaygılar ve kaynak yetersizliği gibi faktörler, bu değerli yapıların zarar görmesine, hatta geri dönüşü olmayan bir şekilde yok olmasına yol açmaktadır (Ahunbay, 2002; Tuna, 2004; Bademli, 2005).

Bu çerçevede, taşınmaz kültür varlıklarının onarılarak yeniden işlevlendirilmesi ve kullanıma açılması büyük bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Kültür varlıklarının taşıdığı değerler, ancak doğru koruma ve değerlendirme yöntemleri ile geleceğe aktarılabilir ve bu değerler, kültürel varlıkların toplumsal bir anlam kazanmasını sağlar (Bademli, 2005). Ancak gelişen teknoloji, artan nüfus ve çoğalan toplumsal ihtiyaçlar, devletin yükümlülüklerini artırmış; bu durum, kamu kaynaklarını çeşitlendirme ihtiyacını gündeme getirmiştir. Geleneksel olarak kamu tarafından önceliklendirilen ihtiyaçlar, günümüzde kamu-özel sektör iş birliği modelleriyle çözülmektedir. Bu değişim, yeni finansman ve yatırım modellerini öne çıkarırken, kültürel varlıkların korunmasında yenilikçi yaklaşımlara olanak sağlamaktadır (Barney, 1991; Porter, 1991).

Vakıflar Genel Müdürlüğü de bu bağlamda taşınmaz kültür varlıklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla uygun yöntemler belirlemekte ve bu yöntemlere dayalı projeler geliştirmektedir. İmar durumuna göre, kat karşılığı projeler, yapım karşılığı uzun süreli kiralama (Yap-İşlet-Devret modeli) ya da restorasyon ve onarım karşılığı uzun süreli kiralama (Restore Et-İşlet-Devret modeli) gibi çeşitli yaklaşımlar uygulamaktadır (Akdeniz, 2008). Bu modeller, kültür varlıklarının korunmasını sağlarken aynı zamanda vakıf kimliğini ve medeniyet mirasını sürdürme amacına da hizmet etmektedir. Bu modeller, farklı bakış açılarını barındırabilen ve bu kültürel varlıkların varlığını sürdürmesini sağlarken aynı zamanda vakfın kültür ve medeniyetinin kimliğini ve önemini koruyan projeler geliştirme fırsatları sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de taşınmaz kültür varlıklarının korunmasında uygulanan "Restore Et-İşlet-Devret" modelinin etkilerini incelemektir. Özellikle bu model kapsamında restorasyon veya onarım karşılığı kiralanan tarihi yapıların sayısal verilerini toplayarak, verilen yeni işlevlerin çeşitliliği durumları tespit edilmiştir. Ayrıca, bu modelin taşınmaz kültür varlıklarının korunması sürecine sağladığı katkılar ve kültürel mirasın sürdürülebilir kullanımına olan etkileri de analiz edilecektir. Çalışma, söz konusu modelin uygulandığı tarihi yapıların korunması ve yeni işlevlerle yaşatılması bağlamında önemli veriler sunarak, bu yaklaşımın kültürel mirasın korunmasında nasıl bir rol oynadığını daha iyi anlamayı amaçlamaktadır. Araştırma sürecinde literatür taraması yapılmış, veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Araştırmanın ilk aşamasında, modelin teorik çerçevesini oluşturmak için kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu süreçte toplu veri tabanları, akademik makaleler ve Vakıflar Genel Müdürlüğü ile ilgili yasal mevzuatlar incelenmiştir. Literatür taraması sırasında, özellikle "Restore Et-İşlet-Devret" modelinin durumuna, tarihi yapıların korunmasındaki önemi ve Türkiye'deki yasal çerçeveye dair bilgiye odaklanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Araştırmanın veri toplama sürecinde, Vakıflar Genel Müdürlüğünün 2008-2023 yılı arasında yayınladığı faaliyet raporları incelenmiş ve VGM'nin resmi internet sitesi üzerinde "Faaliyetler" "Yatırımlar" yatırımlar altında "Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiralama" başlıklı sayfa incelenmiştir. Alınan açık erişimli veriler tablolaştırılacak verilmiştir. 2009 yılında yer alan faaliyet raporunda 2003-2009 arasında restorasyon veya onarım karşılığı kiralanan taşınmazlar toplam olarak verildiği için faaliyet raporları 6 yıllık dilimler üzerinden yorumlanmıştır. Ayrıca Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinde yer alan "ihaleler" bölümü incelenmiştir. (URL-1) Bu kapsamda, son bir yıl içerisinde restore edilmek veya onarılmak üzere kiralanan taşınmaz kültür varlıkları tespit edilmiştir.

2. TÜRKİYE'DE TAŞINMAZ KÜLTÜR VE TABİAT VARLIKLARININ KORUNMASINA YÖNELİK YASAL DÜZENLEMELER

Vakıflar Genel Müdürlüğü (VGM), sahip olduğu eski eserlerin, günümüzde taşınmaz kültür varlıkları olarak kabul edilen gayrimenkullerin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu rol, yasal mevzuatla belirlenmiş olup, Cumhuriyet döneminde üretilen ve VGM'nin bağlı olduğu mevzuat, taşınmaz kültür varlıklarının korunmasına yönelik yasal tavırların şekillendirilmesinde temel alınmıştır.

Türkiye'de taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının korunması konusunda çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış ve bu düzenlemeler zaman içerisinde gelişim göstermiştir. İlk kapsamlı düzenlemelerden başlayarak günümüze kadar olan süreçte, bu mevzuatlar koruma politikalarının temelini oluşturmuştur.

1935 yılında, 2762 sayılı Vakıflar Kanunu kabul edilmiştir. Bu kanun, Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün (VGM) görev ve yetkilerini tanımlayarak taşınmaz vakıf kültür varlıklarının korunması için yasal bir çerçeve oluşturmuştur.

1957 yılında, 7044 sayılı Aslında Vakıf Olan Tarihi ve Mimari Kıymeti Haiz Eski Eserlerin Vakıflar Umum Müdürlüğüne Devrine Dair Kanun yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, tarihi ve mimari değeri olan taşınmaz vakıfların Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne devrini düzenleyerek önemli bir adım atmıştır.

1964 yılında, 7044 sayılı Kanunun Uygulanma Şeklini Gösteren Tüzük yayımlanmıştır. Bu tüzük, kanunun uygulanma esaslarını detaylandırmıştır.

1983 yılı, taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının korunmasında önemli bir dönüm noktasıdır. Bu yıl, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu yürürlüğe girmiştir. Kanun, taşınmaz kültür varlıklarının korunmasına yönelik kapsamlı hükümler içermiştir. Aynı yıl yürürlüğe giren 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu, kamu ihalelerinin usul ve esaslarını belirleyerek koruma projelerinde uygulanabilir bir zemin hazırlamıştır.

1984 yılında, Tarihi ve Bedii Değeri Olan Taşınmaz Malların Kiraya Verilmesi Hakkında Yönetmelik yayımlanmış ve tarihi taşınmazların kiralanmasına ilişkin esaslar belirlenmiştir.

1985 yılında, Özel Hukuka Tabi Gerçek ve Tüzel Kişilerin Mülkiyetinde Bulunan Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıklarının Onarımına Katkı Fonu Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu düzenleme, özel mülkiyetteki taşınmazların onarımı için katkı fonu oluşturmuştur.

1986 yılında, Tasarrufu Kısıtlanan Bina, Arsa ve Arazi Hakkında Yönetmelik yayımlanmıştır. Yönetmelik, koruma altındaki taşınmazların tasarruf işlemleri ile ilgili düzenlemeler getirmiştir.

1987 yılında, Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Tespit ve Tescili Hakkında Yönetmelik kabul edilmiştir. Bu yönetmelik, taşınmaz kültür varlıklarının tespit ve tescil süreçlerini düzenlemiştir.

1989 yılında, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu ile Koruma Kurulları Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, koruma kurullarının görev ve yetkilerini belirlemiştir.

1990 yılında, Kesin İnşaat Yasağı Getirilen Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Bulunduğu Sit Alanlarındaki Taşınmaz Malların Hazineye Ait Taşınmaz Mallarla Değiştirilmesi Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Sit alanlarındaki taşınmazlarla ilgili önemli düzenlemeler yapılmıştır.
1993 yılında, Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Bakım, Onarım, Restorasyon, Değerlendirme, Muhafaza ve Nakil İşleri ile Bu Maksatla Hazırlanacak Projelerin Yapılması ve Arkeolojik Kazılarda Kullanılacak Aletlerin Alımı Hakkında Yönetmelik yayımlanmıştır. Bu düzenleme, taşınmazların bakım ve restorasyon süreçlerini kapsayan kapsamlı hükümler getirmiştir.
2004 yılında, taşınmaz kültür varlıklarının korunmasına yönelik iki önemli kanun çıkarılmıştır. İlki, 5225 sayılı Kültür Yatırımları ve Girişimlerini Teşvik Kanunudur. Bu kanun, kültür yatırımlarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. İkincisi ise 5226 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile Çeşitli Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanundur. Bu kanun, 2863 sayılı Kanun üzerinde değişiklikler yapmıştır.
2005 yılında, 5366 sayılı Yıpranan Tarihi ve Kültürel Taşınmaz Varlıkların Yenilenerek Korunması ve Yaşatılarak Kullanılması Hakkında Kanun yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, yıpranmış kültür varlıklarının yenilenmesini ve korunmasını hedeflemiştir.
2008 yılında, 5737 sayılı Vakıflar Kanunu kabul edilmiştir. Bu kanun, vakıf kültür varlıklarının korunmasına yönelik yeni hükümler içermektedir. Aynı yıl yayımlanan Vakıf Kültür Varlıklarının Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiraya Verilmesi İşlemlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, vakıf taşınmazlarının restorasyon karşılığı kiralanması ile ilgili detaylı düzenlemeler yapmıştır.

3.YÖNTEM

Araştırmanın başlangıç aşamasında, "Restore Et-İşlet-Devret" modelinin teorik çerçevesini oluşturmak amacıyla kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu kapsamda, toplu veri tabanları, akademik makaleler, ulusal raporlar ve ilgili yasal mevzuatlar incelenmiştir. Özellikle, Türkiye'de kültürel mirasın korunmasına ilişkin yasal düzenlemeler ve uygulamalara odaklanılmıştır. Araştırmanın veri toplama süreci iki ana kaynaktan faydalanmıştır. İlk olarak, Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün 2008-2023 yılları arasında yayımladığı faaliyet raporları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu raporlar, restore edilmek veya onarılmak üzere kiralanan taşınmaz kültür varlıklarına ilişkin istatistiksel veriler içermekte olup, araştırma için temel veri kaynaklarından birini oluşturmuştur. Faaliyet raporlarından elde edilen veriler, belirli dönemlere (örneğin, 2003-2009 yılları arasında gerçekleştirilen uygulamalar) göre gruplanarak değerlendirilmiştir. Veri toplama sürecinde ayrıca Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesindeki "Faaliyetler", "Yatırımlar" ve "İhaleler" başlıkları altında yer alan bilgiler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Toplanan açık erişimli veriler, kapsamlı bir tablolaştırma sürecine tabi tutulmuştur. Tablolaştırma işlemi, modelin restore edilen veya onarılan yapıların türlerini-işlevlerini ve sayılarını değerlendirme imkânı sağlamıştır. Elde edilen veriler, tanımlayıcı istatistikler ve içerik analizi yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucunda, taşınmaz kültür varlıklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik modelin etkileri hem niceliksel hem de niteliksel açıdan tartışılmıştır. Araştırma verileri, bulgular kısmında detaylı olarak sunulmuştur. Bu yöntemsel yaklaşım, "Restore Et-İşlet-Devret" modelinin taşınmaz kültür varlıklarının korunması üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir şekilde incelemeyi mümkün kılmış ve elde edilen verilerin bilimsel geçerliliğini artırmıştır.

4. BULGULAR

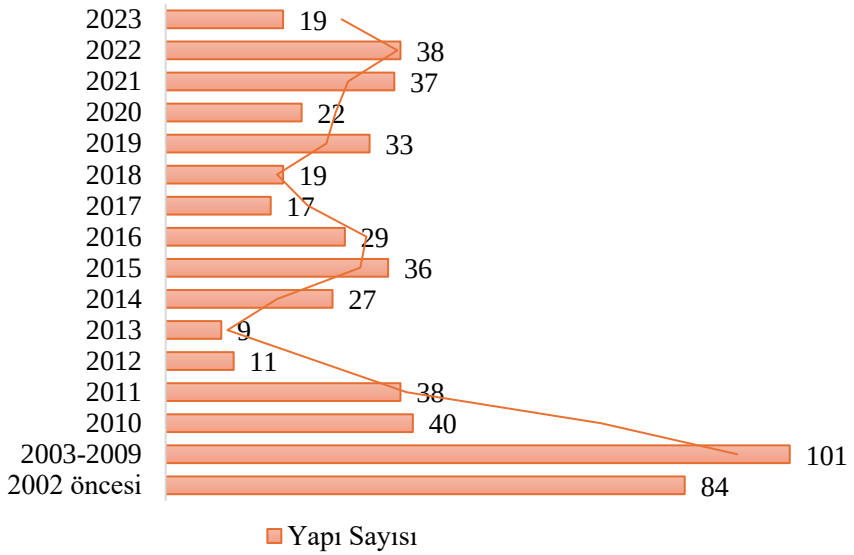
4.1. Yapıların Yıllara Göre Kiralanma Sayıları

VGM'nin faaliyet raporları incelendiğinde 2008 yılında "Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiralama" verileri sadece "75 Adet taşınmazın İpekyolu'nun canlandırılması amacıyla

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Restore Et-İşlet-Devret Modeline Göre Değerlendirilmesi için karar alınmıştır. Bu taşınmazlardan 39 adeti ihale edilmiştir. Diğer taşınmazlarda yeniden ihale edilmek üzere çalışmaları devam etmektedir. Bu restorasyonların tamamlanması sonucunda; 42 adet taşınmaz, sosyal-kültürel ve turizm amaçlı kullanılmak üzere hizmete açılacaktır." (VGM Faaliyet Raporu,2008) Bu durumda 2008 yılı içerisinde 39 adeti ihale edilmiş. Ancak 42 adet toplamda yapı Restore Et- İşlet-Devret sistemi ile kiralanacaktır.2009-2023 yılları arasında bulunan Restorasyon veya onarım karşılığı kiralanan yapıların işlev bilgileri ve sayıları yer almaktadır. 2002-2021 verileri ise web sitesinde yer almaktadır. Yıllar içerisinde "Restore Et-İşlet-Devret" sistemi ile kiralanan yapıların durumu Çizelge 1'de yer almaktadır

Çizelge 1. Yıllara göre yapıların Restore Et-İşlet- Devret ile kiralanması.



Grafik analizinde,
2002 öncesinde 84 yapı ile, restorasyon faaliyetlerinin daha az sistematik bir yaklaşımla yürütüldüğü bir dönemi temsil etmektedir. 2008 yılında kabul edilen 5737 sayılı Vakıflar Kanunu ve aynı yıl yayımlanan Vakıf Kültür Varlıklarının Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiraya Verilmesi İşlemlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, vakıf kültür varlıklarının korunmasına yönelik bir dönüm noktası niteliğindedir. Bu yasal düzenlemeler, özellikle Restore Et-İşlet-Devret modeli çerçevesinde, tarihi taşınmazların hem korunması hem de ekonomik değer yaratacak şekilde yeniden işlevlendirilmesi açısından önemli bir zemin oluşturmuştur. İlgili döneme ait verilere bakıldığında, bu politikaların restorasyon faaliyetlerini doğrudan etkilediği gözlemlenmektedir.
VGM'ni verilerinde 2003-2009 arası veriler yer aldığı için 6 yıllık periyotlar ile bir değerlendirme yapılmıştır. 2003-2009 yılları arası 101 yapı restore et-işlet-devret sistemi ile kiralanmıştır.
2010-2011: Bu yıllar, restorasyon çalışmalarının 40 ve 38 yapı ile yüksek seviyede devam ettiği bir dönemdir. Yönetmeliklerin ve kanunun etkisinin güçlü bir şekilde sürdüğü görülmektedir.
2012-2013: Bu dönemde restorasyon faaliyetlerinde keskin bir düşüş gözlemlenmektedir (2012 yılında 11 yapı, 2013 yılında yalnızca 9 yapı). Bu azalma, ekonomik dalgalanmalar ve bürokratik süreçlerdeki tıkanıklıklarla ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca, 2008 sonrası yoğunlaşan projelerin tamamlanma süreçleri ile yeni projelere başlama hızındaki uyumsuzluk, bir duraklama dönemine yol açmış olabilmektedir.
2014-2016: 2014 yılında restorasyon sayısı tekrar yükselerek 27'ye, 2015 yılında ise 36'ya ulaşmıştır. Bu artış, restorasyon karşılığı kiralama modeline yönelik ilginin yeniden

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

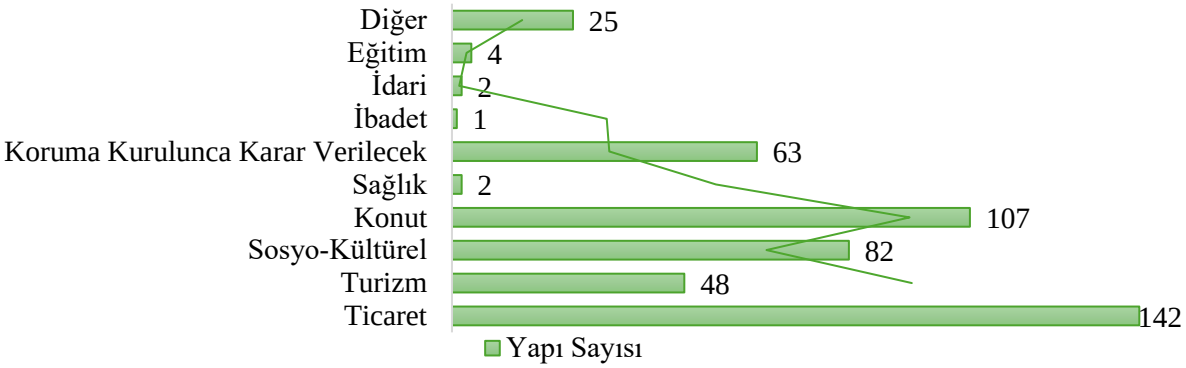
canlandığını göstermektedir. Ancak 2016 yılında sayı yeniden 29'a düşerek bu artışın sınırlı bir süre ile devam ettiğini göstermiştir.
Genel durum incelendiğinde 2010-2016 yılları arasında 190 yapının restore et-işlet-devret sistemi ile kiralandığı görülmektedir. 2002-2009 dönemine bakıldığında 2008 sonrasındaki ilk 6 yıllık periyotta %88,11 bir artış meydana geldiği görülmektedir. Bu durumda 2008 sonrasında restore et-işlet-devret faaliyetinde bir artış olduğunu göstermektedir.
2017-2018: Restorasyon faaliyetleri bu dönemde önemli ölçüde azalmıştır (2017 yılında 17 yapı, 2018 yılında 19 yapı). Ekonomik koşullardaki dalgalanmalar ve inşaat sektöründe yaşanan genel yavaşlama bu düşüşün başlıca nedenleri arasında olabilmektedir.
2019-2023: Restorasyon sayısı bu dönemde tekrar bir miktar artarak 2019 yılında 33 yapıya ulaşmış ancak sonraki yıllarda tekrar azalmıştır. Özellikle 2020 yılındaki 22 yapı restorasyonu, COVID-19 pandemisinin ekonomik ve operasyonel etkilerinden kaynaklanmış olabilir. 2023 yılına kadar geçen süreçte ise restorasyon sayısının 19'da kaldığı gözlemlenmiştir.
2017-2023 yılları arasındaki genel duruma bakıldığında toplam 110 yapının RİD sistemi ile kiralandığı görülmektedir. 2003-2009 dönemine göre sayı yüksek olsa da 2010-2016 dönemine göre %42,10 bir azalma görülmektedir.
İhalelerde geçmiş ihalelere dönüldüğünde araştırma tarihi itibari ile 52 adet RİD modeli ile kiralama yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır.
Sonuç olarak, 2008 sonrası dönemde vakıf kültür varlıklarının korunması ve yeniden işlevlendirilmesi amacıyla uygulanan politikaların, restorasyon faaliyetlerinde kısa vadede olumlu etkiler yarattığı, ancak uzun vadeli bir sürdürülebilirlik sağlama konusunda eksiklikler taşıdığı söylenebilmektedir.

4.2. Yapıların İşlevlerine Göre Sayıları

Yapılara verilen işlevlere göre bir analiz yapılmak istendiğinde öncelikle bir sınıflandırma yapılması gerekmektedir. Yapılan sınıflandırmaya göre taşınmazların işlevleri, belirli kategoriler altında toplanmıştır. Ticaret tesisleri; ticaret işlevi gören yapılar, ticari bürolar, kültürel-ticari kullanım, iş yerleri, bedesten ve hanlar olarak gruplandırılmıştır. Turizm tesisleri ise turistik faaliyetlere hizmet eden yapıları içermekte olup turizm, kültürel-turizm, butik otel/otel, kaplıca ve kervansaray işlevleri bu kategoride yer almıştır. Sosyo-kültürel tesisler, kültürel faaliyetlere odaklanan yapılar arasında sosyo-kültürel tesisler, kültürel tesisler, müze, arkeopark, kütüphane ve medrese işlevlerini kapsamaktadır. Konut kategorisi, yalnızca konut işlevi gören taşınmazları içerirken, sağlık tesisleri kategorisinde sağlık işlevine sahip yapılar ve kültürel sağlık tesisleri bulunmaktadır. Koruma kurulu kararına göre işlevlendirilmesi gereken yapılar ayrı bir grup oluşturmuş ve kurul tarafından belirlenecek işlevlere bırakılmıştır. Ayrıca, ibadet işlevine sahip yapılar "ibadet", yönetim işlevine sahip taşınmazlar "idari", eğitim işlevi taşıyan yapılar ise "eğitim" kategorisinde değerlendirilmiştir. Son olarak, hamam ve fabrika gibi işlevleri diğer gruplara girmeyen taşınmazlar "diğer" kategorisine dahil edilmiştir. Bu sınıflandırma, taşınmazların işlevsel çeşitliliğini sistematik bir şekilde incelemek için önemli bir temel sunmaktadır. (Çizelge 2.)

Çizelge 2. Verilen İşlevlerine göre Restore Et-İşlet-Devret Yapıları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Restorasyon projelerinde tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi süreci, yalnızca yapıların fiziksel korunmasını değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik fayda üretmesini amaçlayan çok boyutlu bir yaklaşıma sahiptir. İncelenen veriler, Restore Et-İşlet-Devret (RİD) modeli kapsamında restore edilen kültürel miras varlıklarına en sık atanan işlevlerin ticaret, turizm ve sosyo-kültürel kullanım olduğunu göstermektedir. Bu eğilim, tarihi yapıların ekonomik sürdürülebilirliğini sağlama çabalarıyla doğrudan ilişkilendirilebilir. Yapılan analizler, tescilli taşınmazların işlevlendirilmesinde en çok tercih edilen işlevlerin ticaret, turizm ve sosyo-kültürel tesisler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür işlevler, tarihi yapıların modern toplumsal ve ekonomik hayata entegrasyonunu sağlayarak, kültürel mirasın korunmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda bu yapıları sürdürülebilir kılmaktadır. Ticaret işlevi, özellikle bedestenler, hanlar, iş yerleri ve ticaret büroları gibi yapılar üzerinde yoğunlaşmakta olup, yerel ekonomiye katkı sağlamakta ve bu yapıları günlük yaşamda canlı tutmaktadır. Turizm işlevi de önemli bir yer tutmakta; butik oteller, kaplıcalar, kervansaraylar gibi kullanımlar, tarihi yapıların hem yerel halk hem de turistler tarafından kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu işlevlerin, tarihi yapıların ekonomik değerlerini artırma ve kültürel mirasın sürdürülebilirliğine katkı sağlama açısından önemli bir rolü bulunmaktadır. Sosyo-kültürel tesisler ise diğer önemli bir işlev kategorisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Müze, kültürel tesis, arkeopark ve kütüphane gibi işlevler, tarihi yapıların toplumsal hafızada yer edinmesini sağlayarak, kültürel mirasın eğitimsel ve toplumsal boyutlarını güçlendirmektedir. Bu tür işlevlerin, toplumsal bilinçlenmeye ve kültürel değerlere duyarlılığın artırılmasına katkı sunduğu, kültürel mirasın korunmasında önemli bir araç olduğu gözlemlenmiştir.Bu bulgular, ticaret, turizm ve sosyo-kültürel tesislerin, tescilli taşınmazların işlevlendirilmesinde yaygın olarak tercih edilen başlıca işlevler olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, bu işlevlerin her birinin, tarihi yapıların özgün değerleriyle uyumlu bir biçimde belirlenmesi gerektiği vurgulanmalıdır. İşlevlendirme sürecinde, yapıların mimari ve tarihi özelliklerine zarar vermemek, aksine bu değerleri modern işlevlerle bütünleştirmek önemli bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, işlevlendirme sürecinde uzman görüşlerinin ve koruma ilkelerinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Taşınmazların işlevlendirilmesinin yalnızca ekonomik bir süreç olmayıp, aynı zamanda kültürel sorumluluk taşıyan bir yaklaşım gerektirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda, koruma ve kullanım arasındaki dengeyi sağlamak adına, işlev seçiminin bilimsel ve kültürel temeller üzerine inşa edilmesi gerektiği söylenebilir. Tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi sürecinde, işlevi belirlenmemiş taşınmazlar için karar alma yetkisinin koruma kurullarına bırakılması, kültürel mirasın korunması adına önemli bir düzenleme olarak değerlendirilmektedir. Kurullar, yapıların fiziksel bütünlüğünü, tarihi kimliğini ve özgün değerlerini gözeterek işlevlendirme kararı alırken, kültürel mirasın yaşatılması ve sürdürülebilirliğini sağlamayı hedeflemektedir. Ancak, bu sürecin bazı dezavantajlar içerdiği gözlemlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

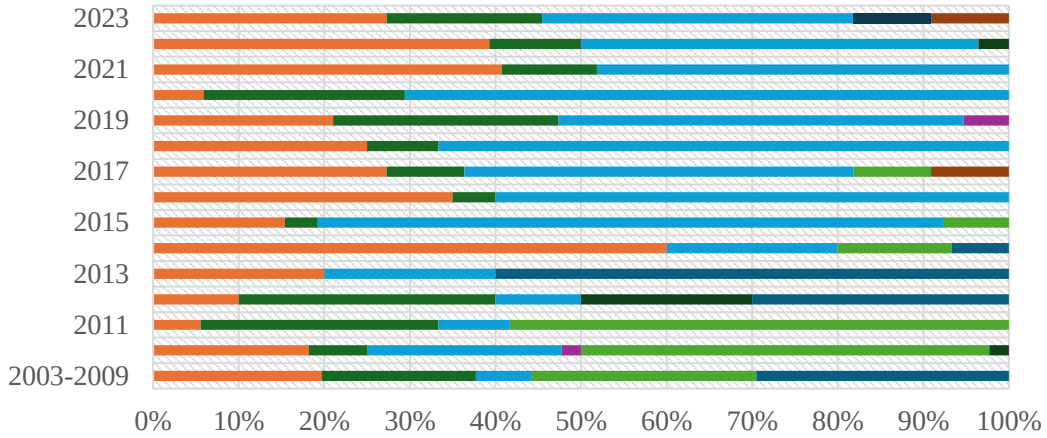
İşlev belirleme yetkisinin yalnızca kurul kararına bağlı olması, yerel ihtiyaçların ve toplumsal beklentilerin yeterince dikkate alınmadığı durumlara yol açabilir. Yerel halkın, sivil toplum kuruluşlarının ve diğer paydaşların süreçlere yeterince dahil edilmemesi, işlevlendirme kararlarının toplumun gerçek ihtiyaçlarıyla uyumsuz olmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, kurul kararlarının belirli bir standart çerçevesinde alınması, her yapının özgün bağlamı ve potansiyel işlevleri açısından yeterince esnek bir yaklaşım sunamayabilir. Bu durum, yapıların potansiyellerinin tam olarak değerlendirilememesi riskini beraberinde getirmektedir. Konut işlevinin tercih edilmesi, yapının topluma açık olma olasılığını sınırlayarak kültürel mirasın yalnızca bireysel kullanım düzeyinde kalmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte, konut işlevinin korunması, özellikle tarihi kent dokusu içinde önemli bir yer tutan sivil mimarlık örneklerinin yaşatılması ve geleneksel yaşam biçimlerinin sürdürülmesi açısından olumlu etkiler yaratabilir.

4.3. Yıllara Göre İşlevlerin Analizleri

Tablodaki veriler, 2003-2023 yılları arasında farklı işlev gruplarına ait yapıların dağılımını göstermektedir. İncelenen dönemde yapıların kullanım türleri sosyo-kültürel, turizm, konut, sağlık, koruma kurulu kararı bekleyenler, ibadet, idari, eğitim ve diğer kategorilerinde sınıflandırılmıştır. Sosyo-kültürel işlevli yapılar, yıllar boyunca istikrarlı bir şekilde en yoğun görülen kategori olarak öne çıkmaktadır. 2003-2009 yıllarında 12 adet yapı bu gruba dahilken, 2019'dan itibaren bu sayı artış göstermiştir. 2020-2023 arasında da belirgin bir yoğunlaşma gözlenmiştir. Turizm işlevli yapılarda ise dalgalı bir seyir izlenmiştir. Özellikle 2011 ve 2020 yıllarında artış yaşanmış, 2022-2023 döneminde yeniden yükselme görülmüştür. Bu durum, turizm sektörünün farklı yıllardaki hareketliliğini yansıtmakta ve kültürel mirasın turizm amaçlı kullanımının arttığına işaret etmektedir. (Çizelge 3)

Çizelge 3. Verilen İşlevlerine ve yıllara göre Restore Et-İşlet-Devret Yapıları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



	2003-2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sosyo-Külltürel	12	8	2	1	1	9	4	7	3	3	4	1	11	11	3
Turizm	11	3	10	3	0	0	1	1	1	1	5	4	3	3	2
Konut	4	10	3	1	1	3	19	12	5	8	9	12	13	13	4
Sağlık	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Koruma Kurulunca Karar Verilecek	16	21	21	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0
İbadet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
İdari	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Eğitim	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Diğer	18	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Konut işlevli yapılar, 2014 yılında 19 adet ile zirve yapmış ancak 2016 sonrasında belirgin bir düşüş göstermiştir. Bu azalma, yapıların kullanım değişimlerine ya da farklı işlev gruplarına dönüştürülmesine yönelik müdahalelerden kaynaklanıyor olabilir. Koruma kurulu kararı bekleyen yapılar ise 2003-2012 döneminde yüksek seviyelerde seyrederken, özellikle 2010 ve 2011 yıllarında en fazla sayıya ulaşmıştır. 2013'ten itibaren bu grupta önemli bir azalma gözlenmiştir. Bu durum, yapıların koruma statülerinin netleştiği ya da koruma kararlarının tamamlandığı şeklinde yorumlanabilir. Sağlık, ibadet, idari ve eğitim yapıları ise yıllar boyunca oldukça sınırlı sayıda tespit edilmiş ve neredeyse hiç değişim göstermemiştir. Diğer kategorideki yapılar, 2003-2009 döneminde yoğunken sonraki yıllarda azalma göstermiş, 2013 sonrasında bu grupta yapı kaydı yapılmamıştır.

Genel olarak, veriler yapıların zaman içinde sosyo-kültürel ve turizm işlevlerine doğru bir dönüşüm gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu eğilim, yerel kültürel mirasın turizm ve sosyal etkinlikler aracılığıyla değerlendirildiğini ve kullanım çeşitliliğinin arttığını göstermektedir. Konut işlevli yapıların 2014 sonrası düşüşü ise, kentsel dönüşüm ya da kültürel mirasın farklı kullanım biçimlerine yönlendirildiğine dair ipuçları sunmaktadır. Ayrıca, koruma karar süreçlerinin erken dönemlerde yoğunlaşması ve sonraki yıllarda azalması, yapıların statülerinin zamanla netleştiğini göstermektedir. Tüm bu eğilimler, kültürel mirasın sürdürülebilir kullanımı ve korunması bağlamında önemli veriler sunmakta ve gelecekteki planlamalar için dikkate alınması gereken noktaları ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarihi yapıların korunması ve yeniden işlevlendirilmesi, kültürel mirasın geleceğe aktarılmasında hem sosyal hem de ekonomik açıdan önemli bir rol oynamaktadır. Restore Et-

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

İşlet-Devret (RİD) modeli, bu süreci finansal sürdürülebilirlikle birleştirerek kültürel varlıkların fiziksel ve ekonomik anlamda yaşatılmasını mümkün kılmaktadır. İncelenen veriler, bu modelin uygulanmasında turizm ve sosyo-kültürel tesis işlevlerinin öncelikli olarak tercih edildiğini göstermektedir. Bu işlevler, kültürel mirasın toplumsal yaşamla bütünleşmesini sağlarken, yapıların ekonomik potansiyelini de artırmaktadır. Ancak, yalnızca bu iki işlevin öne çıkması, yerel ihtiyaçların ve toplumsal çeşitliliğin yeterince dikkate alınmadığı durumlara yol açabilir.

Ticaret, turizm ve sosyo-kültürel tesislerin, tescilli taşınmazların işlevlendirilmesinde yaygın olarak tercih edilen başlıca işlevler olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, bu işlevlerin her birinin, tarihi yapıların özgün değerleriyle uyumlu bir biçimde belirlenmesi gerektiği vurgulanmalıdır. İşlevlendirme sürecinde, yapıların mimari ve tarihi özelliklerine zarar vermemek, aksine bu değerleri modern işlevlerle bütünleştirmek önemli bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, işlevlendirme sürecinde uzman görüşlerinin ve koruma ilkelerinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Taşınmazların işlevlendirilmesinin yalnızca ekonomik bir süreç olmayıp, aynı zamanda kültürel sorumluluk taşıyan bir yaklaşım gerektirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda, koruma ve kullanım arasındaki dengeyi sağlamak adına, işlev seçiminin bilimsel ve kültürel temeller üzerine inşa edilmesi gerektiği söylenebilir. Tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi sürecinde, işlevi belirlenmemiş taşınmazlar için karar alma yetkisinin koruma kurullarına bırakılması, kültürel mirasın korunması adına önemli bir düzenleme olarak değerlendirilmektedir. Kurullar, yapıların fiziksel bütünlüğünü, tarihi kimliğini ve özgün değerlerini gözeterek işlevlendirme kararı alırken, kültürel mirasın yaşatılması ve sürdürülebilirliğini sağlamayı hedeflemektedir. Ancak, bu sürecin bazı dezavantajlar içerdiği gözlemlenmiştir.

İşlev belirleme yetkisinin yalnızca kurul kararına bağlı olması, yerel ihtiyaçların ve toplumsal beklentilerin yeterince dikkate alınmadığı durumlara yol açabilir. Yerel halkın, sivil toplum kuruluşlarının ve diğer paydaşların süreçlere yeterince dahil edilmemesi, işlevlendirme kararlarının toplumun gerçek ihtiyaçlarıyla uyumsuz olmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, kurul kararlarının belirli bir standart çerçevesinde alınması, her yapının özgün bağlamı ve potansiyel işlevleri açısından yeterince esnek bir yaklaşım sunamayabilir. Bu durum, yapıların potansiyellerinin tam olarak değerlendirilememesi riskini beraberinde getirmektedir.

Konut işlevinin tercih edilmesi, yapının topluma açık olma olasılığını sınırlayarak kültürel mirasın yalnızca bireysel kullanım düzeyinde kalmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte, konut işlevinin korunması, özellikle tarihi kent dokusu içinde önemli bir yer tutan sivil mimarlık örneklerinin yaşatılması ve geleneksel yaşam biçimlerinin sürdürülmesi açısından olumlu etkiler yaratabilir.

Bütüncül bir değerlendirme yapıldığında, tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi sürecinde işlev belirleme yaklaşımlarının daha esnek, katılımcı ve yerel bağlama duyarlı bir çerçevede ele alınması gerektiği görülmektedir. Yerel yönetimlerin, sivil toplum kuruluşlarının, akademik çevrelerin ve yerel halkın işlevlendirme süreçlerine dahil edilmesi, yapıların toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirliğini artırabilecektir. Ayrıca, işlev çeşitliliğinin teşvik edilmesi, tarihi yapıların yalnızca ekonomik kazanç getiren unsurlar olarak değerlendirilmesini engelleyerek, onların toplumsal belleğin bir parçası olarak yaşatılmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, RİD modeli ve koruma kurulları tarafından yönlendirilen işlevlendirme süreçleri, tarihi yapıların korunmasında ve yaşatılmasında etkili araçlar sunmaktadır. Ancak bu süreçlerin yerel bağlamı gözeten ve daha geniş paydaş katılımını içeren bir anlayışla ele alınması, kültürel mirasın yalnızca fiziksel bir öğe olarak değil, aynı zamanda toplumsal yaşamın bir unsuru olarak geleceğe aktarılmasında kilit bir rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

Ahunbay, Z. (2002). National reports – Turkey. Heritage at Risk: ICOMOS World Report 2002/2003 on Monuments and Sites in Danger. http://www.international.icomos.org/risk/2002/turkey2002.htm (Erişim tarihi: 8 Aralık 2024).

Akdeniz, M. (2008). Kadastro ve imar uygulamalarında vakıf taşınmazların yeri. II. Kadastro Kongresi, Ankara.

Bademli, R. (2005). Doğal, tarihi ve kültürel değerlerin korunması. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara.

Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 17(1), 99–120.

Kiper, P. (2004). Küreselleşme sürecinde kentlerimize giren yeni tüketim mekanları ve yitirilen kent kimlikleri. Planlama, 2004(4), 14–18.

Porter, M. E. (1991). Towards a dynamic theory of strategy. Strategic Management Journal, 12, 95–117.

Tuna, N. (2004). Sustainability in cultural heritage management, setting strategies of cultural heritage preservation with modern development. In E. Erten & B. Ergenç (Eds.), Mersin region steeped in ancient history and culture (pp. 62–64). Mersin.

Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun, no: 5035, Resmî Gazete, 2 Ocak 2004.

2762 sayılı Vakıflar Kanunu, Resmî Gazete, 16 Kasım 1935.

7044 sayılı Aslında Vakıf Olan Tarihi ve Mimari Kıymeti Haiz Eski Eserlerin Vakıflar Umum Müdürlüğüne Devrine Dair Kanun, Resmî Gazete, 4 Temmuz 1957.

7044 sayılı Kanunun Uygulanma Şeklini Gösteren Tüzük, Resmî Gazete, 4 Şubat 1964.

2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Resmî Gazete, 28 Temmuz 1983.

2886 sayılı Devlet İhale Kanunu, Resmî Gazete, 8 Eylül 1983.

Tarihi ve Bedii Değeri Olan Taşınmaz Malların Kiraya Verilmesi Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 17 Şubat 1984.

Özel Hukuka Tabi Gerçek ve Tüzel Kişilerin Mülkiyetinde Bulunan Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıklarının Onarımına Katkı Fonu Yönetmeliği, Resmî Gazete, 29 Kasım 1985.

Tasarrufu Kısıtlanan Bina, Arsa ve Arazi Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 10 Mart 1986.

Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Tespit ve Tescili Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 6 Ağustos 1987.

Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu ile Koruma Kurulları Yönetmeliği, Resmî Gazete, 27 Temmuz 1989.

Kesin İnşaat Yasağı Getirilen Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Bulunduğu Sit Alanlarındaki Taşınmaz Malların Hazineye Ait Taşınmaz Mallarla Değiştirilmesi Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 9 Mart 1990.

Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Bakım, Onarım, Restorasyon, Değerlendirme, Muhafaza ve Nakil İşleri ile Bu Maksatla Hazırlanacak Projelerin Yapılması ve Arkeolojik Kazılarda Kullanılacak Aletlerin Alımı Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 23 Aralık 1993.

5225 sayılı Kültür Yatırımları ve Girişimlerini Teşvik Kanunu, Resmî Gazete, 2 Mayıs 2004.

5226 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile Çeşitli Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun, Resmî Gazete, 10 Mayıs 2004.

5366 sayılı Yıpranan Tarihi ve Kültürel Taşınmaz Varlıkların Yenilenerek Korunması ve Yaşatılarak Kullanılması Hakkında Kanun, Resmî Gazete, 17 Haziran 2005.

5737 sayılı Vakıflar Kanunu, Resmî Gazete, 10 Mayıs 2008.

Vakıf Kültür Varlıklarının Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiraya Verilmesi İşlemlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete, 27 Temmuz 2008.

Vakıflar Genel Müdürlüğü, Faaliyet Raporları (2008–2023).

Vakıflar Genel Müdürlüğü, Restorasyon veya Onarım Karşılığı Kiralama. https://www.vgm.gov.tr/faaliyetler/yatirimlar/restorasyon-veya-onarim-karsiligi-kiralama (Erişim tarihi: 8 Aralık 2024).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINDA BULUNAN GENEL GÜVENLİK SİSTEMLERİNDE UYARI İŞARETLERİNİN REGÜLASYON KAPSAMINDA ARAÇLARDA UYGULANMASI

Ar-Ge Homologasyon ve Test Mühendisi, -Berhan Can DONAT

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., berhan.donat@ulasim-as.com , 0009-0008-4662-0770

Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., mehmet.kus@ulasim-as.com , 0009-0009-9174-792X

ÖZET

Ulaşım, insanlık tarihinin ilk zamanlarından itibaren günümüze kadar en temel ihtiyaçlardan birisi olmuştur. Gelişen dünyada son yıllarda nüfusun hızlı artışına paralel trafik yoğunluğu da artmaktadır. Bu durum kaza oranlarında gittikçe artışı beraberinde getirmektedir. Araçların maksimum güvenliğe sahip olması, tehlikeli ve kritik anlarda sürücüye maksimum destek sağlayacak sistemlerin bulundurulması gerekmektedir. Bu amaçla araçlara Genel Güvenlik Yönetmeliği (GSR) adı altında araçlara uygulanan güvenlik sistemleri mevcuttur.

Güvenlik sistemleri araçlara, belirlenen regülasyon maddeleri kapsamında uygulanmaktadır. Güvenlik sistemlerinin araçlara uygulanması sırasında uyulması gereken regülasyon maddeleri, sistemlerin güvenli ve etkin çalışmasını sağlamayı amaçlar. Bu regülasyonlar, sistemlerin doğruluğu, sürücüyle etkileşim biçimleri, sensör ve kamera konumlandırmaları gibi birçok konuda özel gereklilikleri içerir. Regülasyonlara uyum, sistemlerin güvenlik ve işlevsellik açısından etkin çalışmasını sağlar. Üreticiler, her bir sistem için gereken bu adımları dikkatlice planlayarak ve uygulayarak güvenli sürüş deneyimini en üst seviyeye çıkarmalıdır.

Güvenlik sistemlerinin güvenilir şekilde çalışabilmesi ve uluslararası regülasyonlarla uyumlu hale gelebilmesi için belirli standart ve uygulama gereklilikleri vardır. Standartlar, sistemlerin donanım ve yazılım özelliklerinden sürücü ile etkileşimine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Bu çalışmada güvenlik sistemlerinin regülasyon kapsamında nasıl uygulandığı, uygulama esnasında nelere dikkat edilmesi gerektiği ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Güvenlik sistemleri uygulanırken dikkat edilmesi ve uyulması gereken durumlar mevcuttur. Araç üzerine sensörler ve kameralar doğru yerleştirilmeli ve kalibre edilmelidir. Sürücüye açık ve anlaşılır uyarılar sağlanmalı. Sistemlerin hangi koşullarda devreye gireceği ve hangi durumlarda devre dışı kalacağı açıkça tanımlanmalıdır. Sürücünün tam kontrolüne izin vermeli ve sürücü müdahalesini kolaylaştırmalıdır. Olası arıza veya beklenmedik durumlarda güvenlik önlemleri alınmalıdır. Güvenlik sistemleri her ülke veya bölgedeki yasal uyum gerekliliklerini karşılamalı.

Anahtar Kelimeler: (Genel Güvenlik Yönetmenliği) GSR, Regülasyon, sürüş ve yol güvenliği.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Her yıl yol kazalarında gözle görülür bir artış olduğu istatistik kuruları tarafında açıklanıyor, TÜİK verilerinde 2023 yılında 235 bin 71 adet ölümlü yaralanma olduğu bildirilmiş. Trafik güvenli konunda en uygun önlemin alınacak kararlar konusunda inisiyatifin sürücülerden bir miktar alınması ve sürücünün daha çok elektronik uyarı ile kontrolüne destek olunması hakkında çalışmaların yanı sıra uygulamalar yapılmaya başlandı.

Kazaların yüzde %86,8' gibi yüksek bir kısmının sürücü kusurlarından kaynaklandığı bildiriliyor. Sürücülerin şerit değiştirirken ya da dur kalk trafik durumlarında yaptıkları hatalar ile trafik güvenliğini tehlikeye attıkları ortada ve bu bildiride sürücülerin hatalarını azalta bilmek konusunda çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Sürücülerin dikkatsizliği ve riskler konunda yeterince uyarılmamaları kaza risklerini artırıyor. Bunun önüne geçmek için sürücüyü alarma geçirmek ve bunu otomotiv endüstrisinin ortak bir parçası haline getirmek için yeni teknolojilere yönelik ilerlemelere ve adaptasyona yönelik tam bir ihtiyaç ortaya çıkıyor(Sivakumar et al., 2016). Araç içi sistemlerin neredeyse %70'ini elektronik donanımlar oluşturmaktadır(TOPUZ, 2021).Modern otomobiller söz konusu olduğunda elktronik sistemler vasıtasıyla yakıt tasarrufu, sürüş güvenliği, konfor standartları ve genel trafik güvenliği kapsamında sensör ve mikroişlemciler vasıtasıyla gelişim gösteriyor. Bu tür elektronik cihazlar Elektrik Kontrol Üniteleri (ECU'lar) olarak adlandırılır ve çoğunlukla sürücüye yardımcı olmak ve emniyet ve güvenlik için karmaşık ve kritik kararlar almak için kullanılır(Rodelgo-Lacruz,2007). Bu durumlar doğrultusunda sürüş güvenliğinin artırılması ve sürücünün risklere karşı alarma geçirilebilmesi adına farklı sistemler ve bu sistemleri standardize etmek adına regülasyonlar ve mevzuatlar da gün yüzüne çıkmaya başladı. Özellikle "Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu" aldıkları kararlar neticesinde regülasyon yoluyla GSR2 sistemlerini araçlarda zorunlu hale getirmeye başladı. Bu regülasyonlar bahsi geçen sistemlerin daha detaylı açıklamaları yanı sıra sahip olması gereken özelliklere de eğilmiş oldu. Ölümlü kazaların %60'ı şerit değiştirirken sürücülerin ihmalinden dolayı meydana gelmektedir. Her yıl şerit ihmali nedeniyle 5,2 milyon ölüm meydana geliyor. Aynaya doğru zamanda bakmayı unutmak, 600 milyar dolarlık 'kaçınılmaz' devasa' bir tıbbi harcamaya yol açar.(Naik, 2020). Araçlarda aşırı hız, şerit takibinde sürücü hataları ve kör nokta kontrolleri gibi konularda şoförlerin yeterli hassasiyet göstermedi durumların neticesinde trafikte risk artıyor.

2. GSR KAPSAMINDA KULLANILAN SİSTEMLER

2.1. General Safet Regulation (GSR)

General Safety Regulation (GSR), Avrupa Birliği'nde araç güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilen ve çeşitli güvenlik sistemlerini zorunlu hale getiren bir düzenlemedir. GSR araçların tasarımında ve üretiminde kullanılacak malzemelerin, bileşenlerin ve sistemlerin belirli standartlara uygun olmasını gerektirmektedir. Bu standartlar, araçların çarpışma dayanıklılığı, yangın güvenliği, fren sistemleri, emniyet kemeri kullanımı, hava yastığı sistemleri ve diğer güvenlik önlemlerini içermektedir(Çalışkan, 2024).

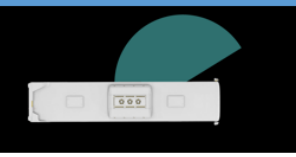
GSR kapsamındaki başlıca araç güvenlik sistemleri şunlardır: BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System), PAEBS (Pedestrian Advanced

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Emergency Braking System), LDWS (Lane Departure Warning System), HBA (High Beam Assist), ISA (Intelligent Speed Assist), DDAW (Driver Drowsiness and Attention Warning) TPMS (Tyre Pressure Monitoring System), sistemleri mevcuttur.

2.2. ADAS Sistemlerinde Kullanılan Kompanentler ve Genel Mimari Şeması

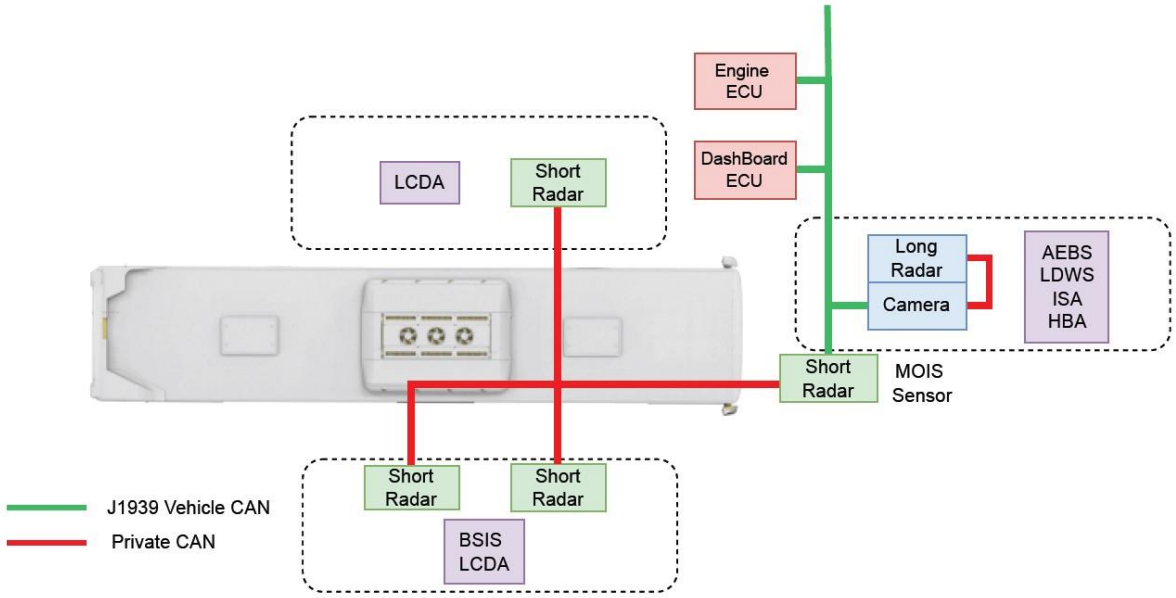
ADAS (Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri), sürüş güvenliği ve konforunu artırmak için çok çeşitli donanım ve yazılım bileşenleri kullanır. Bu sistemlerde kullanılan bileşenler (komponentler), sensörlerden kontrol ünitelerine, kadar farklı alanlara yayılmıştır. Sensörler ADAS sistemlerinde çevresel verileri algılar ve işler. Farklı sensörlerden gelen verileri işlemek ve karar vermek için ECU'lar kullanılır. Sistem özelliklerinin çalışması için kullanılan yazılım ve algoritmalar mevcuttur. Bu algolaritmaların arasındaki veri iletişiminden sorumlu bir haberleşme sistemi kullanılır. Son olarak sürücüyü bilgilendiren ve sistemle etkileşim kurmasını sağlayan bileşenler kullanılır.

System	Dedection Area	Fonksiyon	Donanım
Front System		AEBS(Advanced Emergency Braking	1 Main Camera 1 Long Range Radar Sensor
		LDWS(Lane Departure Warning System)	
		ISA(Intelligent Speed Assist)	
		MOIS(Moving-Off Information System)	1 Short Range Radar sensor
Side Sytem(Passenger Side)		BSIS(Blind Spot Information System)	Short Range Radar sens
		(LCDA)Lane Change Decision Aid	
Side Sytem(Driver Side)		(LCDA)Lane Change Decision Aid	1 Short Range Radar sensor

Görsel 1. Kullanılan Kompanentler

ADAS (Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri) mimarisi, çeşitli donanım ve yazılım bileşenlerinin bir araya gelmesiyle oluşan kompleks bir yapıdır. ADAS sistemleri, çevredeki durumu algılayarak veri toplayan çeşitli sensörlerle çalışır. Daha sonra sensörlerden gelen veriler işlenir ve analiz edilir. İşlenen verilere göre aracın nasıl tepki vereceğini belirleyen algoritmalar hazırlanır. En sonunda ise sistemin kararları sürücüye veya araç kontrol sistemine iletir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Mimari Şema

2.2.1. BSIS/MOIS (Blind Spot Information/Moving Off Information)

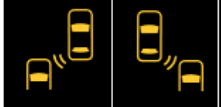
Kör noktalar, her yıl önemli sayıda kazaya neden olan günlük sürüşün baş belasıdır(IEEE Staff, 2010). Sağa-sola dönen kamyonlar ile bisikletliler arasında, genellikle düşük sürüş hızlarında veya dururken meydana gelen çarpışmaları içeren dönüş manevraları, genellikle yayalar ve bisikletliler için ciddi sonuçlar doğurur. Bu nedenle bir bisikletin aracın yolcu tarafında kritik bir alana girmesi ve aracın bisiklete doğru bir dönüş başlatacak olması durumunda bir bilgi sinyalinin etkinleştirilmesi gerekir. Bu bilgilendirici yardım sinyali gösterge paneli yardımıyla sürücüye iletilir. Burda devreye BSIS/MOIS sistemi girmiş olur. Böylelikle aracın kör noktalarındaki yaya ve bisikletlilerin varlığı sürücüye aktarılmıştır olur.

2.2.1.1. Regülasyon Gereklilikleri

BSIS, araç seyir halindeyken kör noktada bulunan ya da yaklaşan dinamik cisimleri algılar. Sistem, çarpışma riski durumunda sürücüyü hem gündüz hem de gece bilgi sinyalleriyle kademeli olarak uyarır. Bu sinyaller, hareketli cisimlerin türüne ve yapısına göre değerlendirilerek yaya ve trafik güvenliğini sağlar. Bilgi sinyalleri, gündüz ve gece ayırt edilebilir, sarı renkli, sürücünün görüş alanında anlaşılır ve uygun parlaklıkta olmalıdır. Uyarı sinyalleri, bilgi sinyalinden farklı olup çarpışma riski algılandığında hızla devreye girer ve aynı şekilde gündüz ve gece ayırt edilebilir olmalıdır. Sistem, arıza durumunda sarı bir optik sinyal ile uyarı verir. Bu sinyal diğerlerinden farklı olmalı, sistem devre dışı olduğunda sürücüyü bilgilendirmelidir. Araç kontrol anahtarı deaktifken sistem devreye girmezse, arıza sinyali aktifleşir ve anlaşılır şekilde sürücüye iletilir. BSIS'in uyarı sinyalleri, onay testleri ve prosedürlere uygunluk açısından teknik servis desteğiyle incelenir ve değerlendirilir.

Sürücü Gösterge İşaretleri

BSIS/MOIS sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 3'te regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Sol Uyarı	Sağ Uyarı	Ön Uyarı	Sağ-Sol Uyarı	Sol-Ön Uyarı	Sağ-Ön Uyarı	Sağ-Sol-Ön Uyarı
Uyarı Seviyesi 1 (WL1)							
Uyarı Seviyesi 3 (WL3)							
Uyarı Seviyesi 5 (WL5)							
Diğer Sinyaller	**Uyarı İşaretleri**						
ERROR							
Sürücü Tarafından Sistemin İptal Edilmesi							

Görsel 3. BSIS/MOIS Uyarı İşaretleri

2.2.2. PAEBS (Pedestrian Advanced Emergency Braking System)

2.

Bu sistem, çarpışma tehlikesi algıladığında sürücünün müdahalesine gerek kalmadan fren yaparak çarpışma riskini azaltır. PAEBS, sensörler ile öndeki araç, yaya veya engelleri algılar ve frenleme yapar. Sensörler, diğer nesnelerin hızını ve yakınlığını sürekli izler ve çaprışmaya neden olabilecek durumları tespit eder. Çarpışma riski yüksekse, sistem bir kazayı önlemek için frenleri otomatik olarak etkinleştirecektir (Papis & Matyjewski, 2017). PAEBS, kameralar aracılığıyla, yayaları veya bisikletlileri tanır ve bu nesnelerin hızına göre otomatik frenleme yapar. Bu sistemlerin bir kısmı, sensörleri diğer nesnelerin yakınlığını izleyen ve çarpışmaya neden olabilecek durumları tespit eden Gelişmiş Acil Durum Fren Sistemleridir ("AEBS").

2.2.2.1. Regülasyon Gereklilikleri

AEBS, çarpışma riski durumunda sürücüyü uyarır ve gerekirse frenleme yapar. Arıza durumunda, sinyal gecikmeden yanmalı ve sistemin kendi kendine kontrolleri kısa aralıklarla gerçekleşmelidir. Sistem, 10 km/s hızda 15 saniye içinde kalibre edilmezse, sürücüye bilgi verilmelidir ve bu durum kalibrasyon tamamlanana kadar devam eder. AEBS manuel devre dışı bırakılabiliyorsa, bu durum uygun bir uyarı ile belirtilmelidir. Sensör körlüğü veya yanlış hizalanma gibi arızalarda da arıza sinyali aktif olmalıdır. Çarpışma riski, yaya gibi bir engelle 5 km/s hızda tespit edildiğinde, frenleme başlamadan önce sürücüye çarpışma uyarısı

verilmelidir. Risk veya çarpışmayı önleyici koşullar ortadan kalkarsa, uyarı ve frenleme iptal edilebilir.

2.2.2.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

PAEBS sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 4'te regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Sesli Uyarı İşareti Açıklama
Çarpışma Uyarısı Aktif		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda 2 Hz ile yanıp sönmektedir.	Bu sinyal aktif olduğunda 2 Hz aralığında uyarı sesi gelmektedir.
Frenleme ile Çarpışma Uyarısı		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda 5 Hz ile yanıp sönmektedir.	Bu sinyal aktif olduğunda 5 Hz aralığında uyarı sesi gelmektedir.
Acil Fren Aktif		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda 10 Hz ile yanıp sönmektedir.	Bu sinyal aktif olduğunda 5 Hz aralığında uyarı sesi gelmektedir.
Sürücü Tarafından Sistemin İptal Edilmesi		Sistem sürücü tarafından iptal edildiği zaman belirtilen gösterge işareti ekranda aktif olmaktadır.	
ERROR		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır	

Görsel 4. PAEBS Uyarı İşaretleri

2.2.3. LDWS (Lane Departure Warning System)

3.

LDWS (Şerit takip yardımcısı), aracın şerit içinde kalmasını sağlamak için yol çizgilerini izler. Araç belirlenen işaretleme çizgisine yaklaşırsa ve sürüş şeridinden çıkma olasılığı yüksekse, direksiyon simidinin titreşimi yoluyla sürücü uyarılabilir (Chen et al., 2020).Bu sistem, kamera teknolojisi sayesinde yol şeritlerini algılar ve aracın yanlışlıkla şerit dışına çıkması durumunda müdahale eder. Aracın ön kamerası, yol çizgilerini sürekli olarak tarar ve yolun sınırlarını tanır. Araç şerit dışına çıkmaya başladığında sürücüyü görsel ve işitsel uyarılarla bilgilendirir. Gelişmiş sistemler, araç şerit dışına çıkmaya devam ederse hafif bir direksiyon kuvveti uygulayarak aracı tekrar şeride çeker. Yolun eğimi veya dönüşleri dikkate alarak aracın şeridin merkezinde kalmasını sağlar. Böylece, yol şartlarına göre en uygun pozisyon korunur.

2.2.3.1. Regülasyon Gereklilikleri

Sistem araç şerit ihlali yaptığı optik uyarı yanı sıra akustik veya dokunsal olarak uyarı vermelidir. Sadece tek tip uyarı ile şerit ihlalinin yönü sürücüye aktarılabilir. Arıza durumu söz konusu olduğunda sarı renkli anlaşılır bir uyarı sinyali ekranda belirmesi gerekir. Optik uyarı araç çalışır konuma geldiği taktirde aktif olmalıdır. Aynı anda farklı uyarılar varsa dönüşümlü olarak uyarı sinyali gözükmelidir. Uyarı sinyalleri gece gündüz fark etmeksizin görünür

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

olmalıdır. Sitem geçici olarak devre dışı bırakılırsa veya kötü hava şartları, kir gibi nedenler yüzünden arıza olursa bu sürücüye aktarılmalıdır(R130e, 2013).

4. 2.2.3.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

LDWS sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 5'te regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Sesli Uyarı İşareti Açıklama
Şeritten Ayrılma Sol Taraf		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda 2.5 Hz ile yanıp sönmektedir.	Bu sinyal aktif olduğunda 2.5 Hz aralığında uyarı sesi gelmektedir.
Şeritten Ayrılma Sağ Taraf		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda 2.5 Hz ile yanıp sönmektedir.	Bu sinyal aktif olduğunda 2.5 Hz aralığında uyarı sesi gelmektedir.
ERROR		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır	
Sürücü Tarafından Sistemin İptal Edilmesi		Sistem sürücü tarafından iptal edildiği zaman belirtilen gösterge işareti ekranda aktif olmaktadır.	
Hıza Bağlı Gösterge İşareti		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.(Hız>60)	
Hıza Bağlı Gösterge İşareti		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.(Hız<60)	

Görsel 5. LDWS Uyarı İşaretleri

2.2.4. HBA (High Beam Assist)

5.

High Beam Assist (HBA), gece sürüşlerinde diğer sürücüleri rahatsız etmeden maksimum görüş mesafesini sağlamak için geliştirilmiş bir aydınlatma destek sistemidir. Otomatik uzun far asistanı olarak da bilinen bu sistem, uzun farların açılması ve kapatılması sürecini otomatikleştirerek sürücünün dikkatini dağıtmadan yola odaklanmasını sağlar. HBA sistemi, aracın ön tarafında yer alan bir dizi sensör ve genellikle ön camın arkasına yerleştirilmiş bir kamera kullanır. Bu kamera ve sensörler, yoldaki ışık koşullarını sürekli olarak analiz eder.

Sistem, yolda herhangi bir araç veya yoğun ışık kaynağı algılamadığında uzun farları otomatik olarak açar. Bu, sürücünün daha geniş bir görüş alanına sahip olmasını sağlar ve özellikle karanlık yollarda güvenliği artırır. Karşıdan gelen bir aracın farları veya önünüzde ilerleyen bir aracın arka lambaları algılandığında, sistem otomatik olarak kısa farlara geçer. Böylece, diğer sürücülerin gözlerinin kamaşması önlenmiş olur. HBA, şehir içi gibi iyi aydınlatılmış alanlarda da uzun farları kapalı tutar. Yeterli aydınlatma algıladığında kısa farlarda kalır, ancak karanlık bir yola geçildiğinde tekrar uzun farlara döner. Sistem, gece yolculuklarında sürekli olarak

çevreyi tarar. Hava koşulları, yolun durumu ve sürüş hızı gibi faktörlere göre en uygun far ayarını belirler.

2.2.4.1. Regülasyon Gereklilikleri

Otomatik uzun huzmeli far sistemi, aracın düşük ışık seviyelerinde uzun huzmeli farları otomatik olarak etkinleştirerek görüş mesafesinin düşmesini önler ve R48 kapsamında sürüş güvenliğini artıran yeniliklerden biridir. Bu sistem etkin olduğunda, sürücü ekranında bir uyarı gösterilmeli ve sistem kapanana kadar bu uyarı görünür kalmalıdır. Otomatik uzun huzmeli farlar, AFS (Adaptif Ön Aydınlatma) sistemi ile bağlantılıdır ve arıza durumunda yanıp sönmeyen, anlaşılır bir uyarı sinyali sağlanmalıdır. Arıza uyarısı geçici olarak iptal edilebilir ancak, araç kontrol anahtarı kapatılıp tekrar açıldığında uyarı sinyali geri gelmelidir. Adaptif uzun huzme etkin olduğunda, bu durum sürücüye görsel bir uyarı ile belirtilmeli ve uyarı, sistem çalıştığı sürece ekranda kalmalıdır(R048r12e, 2014).

2.2.4.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

HBA sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 6'te regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Ek Açıklama
Uzun Far Önerisi		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	Bu sinyal aktif olduğunda sistem çalışmaya hazır anlamına gelmektedir.
ERROR		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	

Görsel 6. HBA Uyarı İşaretleri

2.2.5. ISA (Intelligent Speed Assist)

6.

Akıllı hız yardımı (ISA), sürücülere zorunlu hız sınırı hakkında geri bildirim sağlayarak hız davranışını azaltmayı amaçlayan bir tür gelişmiş sürücü destek sistemidir(De Vos et al., 2023).ISA, özellikle sürücünün hız sınırlarını ihlal etmesini engelleyerek trafik güvenliğini artırmayı amaçlar. Avrupa Birliği'nde birçok yeni araçta zorunlu hale getirilen bu sistem, sürücüye yoldaki hız sınırlarına uyum sağlamasında önemli bir destek sunar. ISA sistemi, Trafik işaretlerini tanımak için kamera tabanlı teknoloji kullanılabilir veya hız sınırlarını belirlemek için coğrafi konumla birlikte hız haritaları kullanılabilir(De Vos et al., 2023).

Trafik İşareti Tanıma Sistemi (Traffic Sign Recognition): Kameralar, yoldaki hız sınırı işaretlerini algılar ve hız limitini belirler. Algılanan hız limiti bilgisi araç içi ekranda gösterilir.
Navigasyon ve GPS Verileri: Navigasyon sisteminden ve haritalardan hız limit bilgileri alınır. Özellikle hız limiti levhalarının olmadığı yerlerde veya otoyol girişlerinde GPS verilerine dayanarak hız sınırı belirlenebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2.5.1. Regülasyon Gereklilikleri

Hız limiti bilgi fonksiyonu, sürücünün görüş alanında ve günün her saatinde net bir şekilde görünür olmalıdır. Bilgilendirme sinyali, sürücünün tepkisini geciktirmeyecek şekilde belirgin olmalı ve görüş açısının dışında kalmamalıdır. Sürücü hız sınırını aştığında, SLIF ekranında uyarı sinyali yanıp sönerek dikkat çekmelidir. Bu uyarı, hız sınırının aşılmasından itibaren 1,5 saniye içinde ekranda görünmeli ve sürücüyü hızla bilgilendirmelidir. ISA sistemi bir arıza tespit ettiğinde, sürücüye sabit ve net bir uyarı sinyali ile bu durumu bildirmelidir. Sinyalin fark edilmeme ihtimali olmamalıdır, çünkü geri bildirim eksikliği trafik güvenliğini riske atabilir.

2.2.5.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

ISA sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 7'te regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Sesli Uyarı İşareti Açıklama
Hız Limiti Uyarısı		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	Bu sinyal aktif olduğunda uyarı sesi gelmektedir.
Hız Limiti yok		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	
Sistem Devre Dışı		Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	

Görsel 7. ISA Uyarı İşaretleri

2.2.6. DDAW (Driver Drowsiness and Attention Warning)

7.

Driver Drowsiness and Attention Detection (DDAW), sürücünün uykusu geldiğinde kazaları önleyen bir araç güvenlik teknolojisidir. Çeşitli araştırmalar, tüm trafik kazalarının yaklaşık %20'sinin, belirli yollarda %50'ye kadar yorgunlukla ilgili olduğunu göstermiştir. Sürücü yorgunluğu, çok sayıda araç kazasında önemli bir faktördür(Saini & Saini, 2014). Sistem sürücünün davranışlarını ve fiziksel durumunu izleyerek bir dikkatsizlik veya yorgunluk belirtisi tespit ettiğinde uyarı verir. Uzun yolculuklarda ve gece sürüşlerinde sürücünün dikkatini korumasına yardımcı olur ve kaza riskini azaltır. Kameralar, sürücünün yüz ifadesini, göz kırpma hızını, göz kapanıklık süresini ve bakış yönünü takip eder. Gözlerin sık sık kapanması veya bakış yönünün yoldan uzaklaşması yorgunluk veya dikkatsizlik belirtisi olarak değerlendirilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.2.6.1. Regülasyon Gereklilikleri

DDAW sisteminin tüm uyarıları ISO 2575 standardına uygun olmalıdır. Bu sayede farklı araç ve sürücüler için alışma süreci gerekmeden uyarılar gündüz ve gece kolayca görülebilir olmalıdır. Regülasyon, gösterge ekranında kullanılan uyarı ikonlarının renk kontrastına dair kısıtlamalar getirir.

Kırmızı/yeşil, sarı/mavi, sarı/kırmızı veya kırmızı/eflatun gibi renk kombinasyonları kullanılmamalıdır. Bu gereklilik, ISO 15008:2017 standardına dayanır ve ikonların anlaşılırlığını artırmayı, renk karışıklıklarını önlemeyi hedefler. ISO 15008:2017, sürücüye sunulan görsel bilgilerin okunabilirliği ve dikkat dağıtma potansiyeli ile ilgilidir. Sistem, arıza tespit ettiğinde sürücüye belirgin ve sürekli bir görsel uyarı vermelidir. DDAW, sürücünün yorgunluk kaynaklı dikkat kaybını önlemeyi amaçladığından, sistemin çalışmaması ve bu durumun bildirilmemesi trafik güvenliğini riske atabilir.

2.2.6.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

DDAW sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 8'de regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Sesli Uyarı İşareti Açıklama
Uyuşukluk, Esneme ve Engel Uyarısı		Bu sinyaller aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit ve 5 Hz aralığında yanmaktadır.	Bu sinyaller aktif olduğunda gelen uyarı sinyallerine bağlı olarak farklı uyarı sesleri gelmektedir.
ERROR	DDAW	Bu sinyal aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit bir şekilde yanmaktadır.	

Görsel 8. DDAW Uyarı İşaretleri

2.2.7. TPMS (Tyre Pressure Monitoring System)

8.

Lastik Basıncı İzleme Sistemi, sadece lastiklerin herhangi birindeki hava basıncının belirli bir güvenlik seviyesinin altında olup olmadığını gösterir. TPMS, lastiğe takılan ve basınç, sıcaklık ve tekerlek hizalama değerlerini sürücü tarafından gözlemlenebilir şekilde araç içine yerleştirilen üniteye ileten bir elektronik cihaz ünitesine sahiptir(Abbi & Ramakrishnaiah, 2021). TPMS, basıncının optimal seviyede tutulmasını sağlamak için geliştirilmiştir. Bu sistem, lastiklerdeki düşük veya yüksek basıncı sürücüye bildirerek sürüş güvenliğini artırır, lastik ömrünü uzatır ve yakıt tasarrufu sağlar. Bu sistem, her lastiğin içine yerleştirilen bir basınç sensörü ile çalışır. Sensör, basınç seviyesini sürekli olarak ölçer ve verileri araç içindeki alıcıya gönderir. Basınç normal seviyenin altına veya üstüne çıktığında, sistem bir uyarı gönderir.

2.2.7.1. Regülasyon Gereklilikleri

TPMS uyarı işareti, lastik basıncı düşük olduğunda sürücüyü bilgilendirmeli ve uluslararası uygunluk için R121'e göre standardize edilmelidir. Uyarı işareti, aracın ateşleme anahtarı açıkken görünür olmalı ve bu sayede sürücü araca bindiğinde uyarıyı görebilmelidir. Lastik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

basıncındaki düşüş, güvenli sürüşü tehlikeye atabileceğinden, bu durum sürücüye iletilmelidir. Görsel uyarı işareti, net ve belirgin olmalı; parlamadan veya sürücünün görüş açısının dışında kalmadan sürüş güvenliğini sağlamalıdır.
Arıza sinyali, lastik basıncı düşük uyarı sinyaliyle aynı olabilir; ancak, arıza uyarısı durumunda ateşleme açıldığında yanıp sönmeli ve ardından sürekli yanmalıdır. Aksi halde, uyarı işareti sürücüyü yanıltabilir(R141e, 2017).

2.2.7.2. Sürücü Gösterge İşaretleri

TPMS sistemi için sürücüyü uyarmak adına görseldeki uyarı işaretleri kullanılabilir. Görsel 9'de regülasyon gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarımı yapılıp araca uygulanması yapılan görsel uyarı işaretleri mevcuttur.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	Uyarı İşareti	Görsel Uyarı İşareti Açıklama	Ek Açıklama
FAULT		Bu sinyaller aktif olduğunda belirtilen gösterge işareti ekranda sabit ve 2 Hz aralığında yanmaktadır.	Bu sinyaller aktif olduğunda gelen uyarı sinyallerine bağlı olarak ekranda sabit ve aralıklı olarak uyarı işareti yanmaktadır

Görsel 9. TPMS Uyarı İşaretleri

2.2.8. Sürücü Gösterge Paneli

Sürücü gösterge paneli, bir aracın sürücüsüne uyarıları ve çeşitli bilgileri sunan bir kontrol mekanizmasıdır. Ekranın tasarımı ve özellikleri, aracın markası, modeli ve teknolojik seviyesine göre değişiklik gösterebilir.

2.2.8.1. Sürücü Gösterge Paneli

Gösterge işaretleri (tell-tales) ve semboller, gece ve gündüz sürücü tarafından net şekilde görünür olmalıdır. ISO 2575:2004 veya R121 regülasyonunda yer almayan işaretler için üretici, uluslararası tanınmış harf veya numaralar içeren kendi sembollerini kullanabilir. Her sembol, anlaşılır olmalı ve kafa karışıklığına yol açmadan durumu doğru şekilde temsil etmelidir. Ek işaretler gerektiğinde de aynı standartlar geçerlidir. Gösterge paneli, uygun aydınlatmaya sahip olmalı ve ışık saçma fonksiyonu park lambaları ile aktif edilmelidir. İşaretler, renk düzenine uygun olmalı ve arka plandan kolayca ayırt edilmelidir. R121 regülasyonunun 5.4.1 maddesine göre, belirlenen renk düzenleri uygulanmalıdır. Fren arızası, uzun far hüzmesi, yön sinyali veya emniyet kemeri göstergesi gibi uyarılar, ortak alan kullanımı durumunda geçici olarak kaldırılabilir. Gösterge paneli, bu kurallar dahilinde sürücüye etkili bilgi sağlamalıdır (R121r2e, 2015). Görsel 10'da güvenlik sistemlerinde kullanılan uyarı işaretlerinin sürücü gösterge paneli üzerinde ki konumları gösterilmiştir.

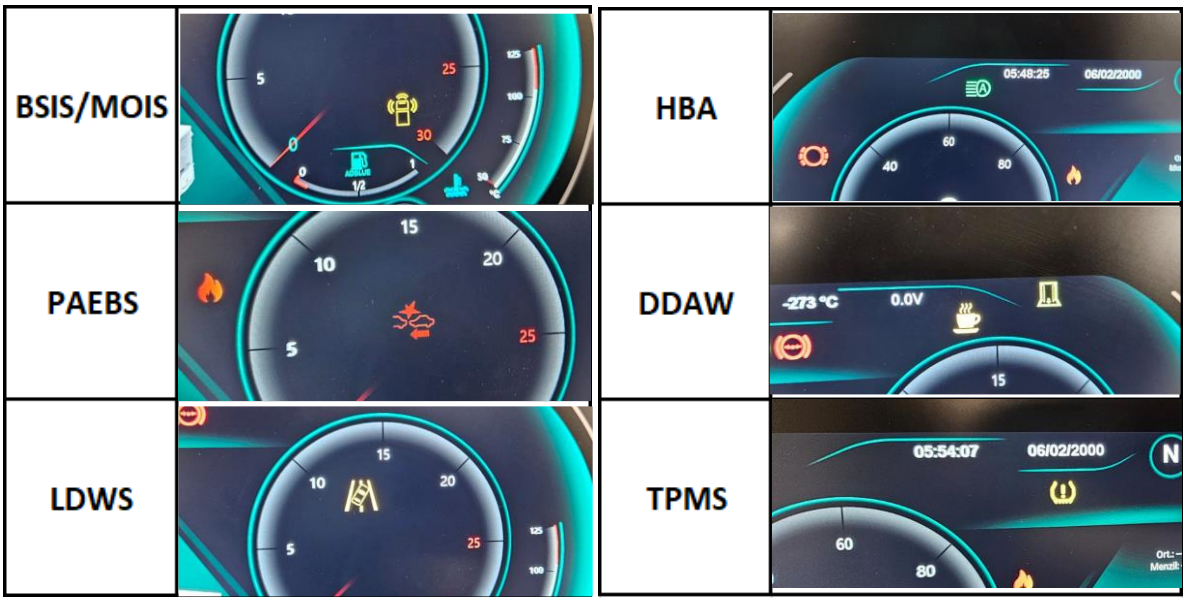
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 10. Gösterge Paneli

3. TEST VE ANALİZ ÇALIŞMALARI

Test çalışmaları, sistemlerin güvenliğini, doğruluğunu ve performansını değerlendirmek için kapsamlı bir şekilde yürütülür. Bu testler hem laboratuvar ortamında hem de gerçek dünya koşullarında gerçekleştirilir. Simülasyon testleri, araç içi testler ve doğrulama testleri gibi farklı aşamalardan oluşur.GSR kapsamında kullanılan güvenlik sisteminlerinin sürücüyü doğru bir şekilde yönelendirebilmesi için kullanılan gösterge işaretleri labaratuvar ortamında test edilmiştir. Testler prototip bir gösterge paneli üzerinde yapılmıştır. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan CAN hattı analizlerinin yapıldığı CAN analiz cihazı ile testler yapılmıştır. Testi yapılan sistemlerin test görselleri mevcuttur. Görsel 11'de BSIS/MOIS, PAEBS, LDWS, HBA, DDAW ve TPMS sistem uyarılarının gösterge paneli üzerindeki konumları mevcuttur.



Görsel 11. Uyarı İşaretleri

Görsel 12 ve 13'te yapılan regülasyon test çalışmalarının görselleri mevcuttur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 12. Test Çalışmaları

ADAS test çalışmaları için genellikle özel test alanları ve simülasyon platformları kullanılır. Gerçek araçlar ve sürücülerle çeşitli senaryoları test etmek için kullanılır. HMI ve sürücü etkileşimi, sistemlerin sürücü ile nasıl iletişim kurduğunu ve sürücüye yardımcı olup olmadığını test etmek için kullanılır. Bu süreçler sonucunda ADAS sistemleri hem güvenli hem de etkili bir şekilde sürücülere destek sağlayabilir.



Görsel 13. Test Çalışmaları

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, toplu taşıma araçlarında kullanılan çeşitli güvenlik sistemlerinin Avrupa Birliği'nin Genel Güvenlik Yönetmeliği (GSR) kapsamındaki regülasyonlara uygun olarak uygulanması ele alınmıştır. Artan trafik yoğunluğu ve teknolojinin gelişmesiyle, güvenlik sistemlerinin kazaları önlemedeki rolü ön plana çıkmaktadır. Değerlendirilen güvenlik sistemleri arasında, kör nokta algılama (BSIS/MOIS), şerit takip (LDWS), uzun far yardımı (HBA), akıllı hız yardımı (ISA) ve lastik basıncı izleme (TPMS) gibi sistemler yer almaktadır. Her sisteminin görsel, sesli ve dokunsal uyarı gereklilikleri regülasyonlar kapsamında detaylı olarak belirlenmiştir. Araç güvenlik sistemlerinin doğru çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacıyla, CAN hattına bağlı laboratuvar ortamında çeşitli testler yapılmıştır. Güvenlik sistemlerinin sürekli ve doğru bir şekilde çalışması, kullanıcı güvenliği açısından kritik bir rol oynar.

Sonuç olarak, güvenlik sistemlerinin araçlarda etkin şekilde kullanılması, kazaların önlenmesi ve sürücü güvenliğinin artırılması açısından önem arz etmektedir. Regülasyonlara uyumlu sistemlerin doğru bir şekilde uygulanması hem araç üreticileri hem de yol güvenliği açısından gereklilikleri sağlamaktadır. Bu güvenlik sistemlerinin etkinliği, laboratuvar ortamında CAN hattı analiz cihazları ile yapılan testlerle doğrulanmıştır. Sistemlerin gösterge panelleri üzerindeki konumları test edilerek, her bir uyarının sürücü tarafından net bir şekilde görülebilir olması sağlanmıştır. Bu analizler, sistemlerin güvenilirliği ve işlevselliğini artırmak amacıyla yapılmış ve sürücü güvenliğine katkıda bulunduğu gösterilmiştir. Sonuçların amacı toplu taşıma araçlarında kullanılan güvenlik sistemlerinin kazaları önlemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu sistemlerin, doğru konumlandırılması, standartlara uygun çalışması ve sürücüyü zamanında bilgilendirmesi, kazaların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, GSR kapsamındaki güvenlik sistemlerinin araçlarda etkin bir şekilde kullanılması gerektiği vurgulanmış olup hem üreticiler hem de güvenlik yönetmeliklerine uyum sağlamak isteyen kurumlar için rehber niteliğinde bilgiler sunulmuştur.

KAYNAKÇA

2021/1958, (EU). (2021). *Of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their intelligent speed assistance systems and for the type-approval of those systems as separate technical units and amending Annex II to that Regulation (Text with EEA relevance)*.

Abbi, A., & Ramakrishnaiah, T. (2021). Tyre Pressure Monitoring System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1042*(1), 012024. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1042/1/012024

Çalışkan, O. (2024). *SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TİCARİ ARAÇLARDA GENEL EMNİYET REGÜLASYONU KAPSAMINDA GELİŞMİŞ SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ Oktay ÇALIŞKAN Enstitü Anabilim Dalı: MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ Ocak 2024*.

Chen, W., Wang, W., Wang, K., Li, Z., Li, H., & Liu, S. (2020). Lane departure warning systems and lane line detection methods based on image processing and semantic segmentation: A review. In *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* (Vol. 7, Issue 6, pp. 748–774). Chang'an University. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.10.002

De Vos, B., Cuenen, A., Ross, V., Dirix, H., Brijs, K., & Brijs, T. (2023). The Effectiveness of an Intelligent Speed Assistance System with Real-Time Speeding Interventions for Truck Drivers: A Belgian Simulator Study. *Sustainability (Switzerland), 15*(6). https://doi.org/10.3390/su15065226

IEEE Staff, (2010). *2010 IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and Games*. I E E E.

Naik, A., N., C. (2020). *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC): 10-12, September 2020*. IEEE.

Of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their driver drowsiness and attention warning systems and amending Annex II to that Regulation (Text with EEA relevance). (2021).

Papis, M., & Matyjewski, M. (2017). *The Archives of Automotive Engineering-Archiwum Motoryzacji*. *77*(3), 97–109. https://doi.org/10.14669/AM.VOL.77.ART7

Rodelgo-Lacruz, M., Gil-Castiñeira, F. J., González-Castaño, F. J., Pousada-Carballo, J. M., Bueno-Delgado, M. V, Egea-López, E., Vales-Alonso, J., & García-Haro, J. (n.d.). *Base technologies for vehicular networking applications: review and case studies*.

Saini, V., & Saini, R. (2014). *Driver Drowsiness Detection System and Techniques: A Review*. www.ijcsit.com

Sivakumar, P., Vinod, B., Devi, R. S. S., & Divya, R. (2016). Deployment of Effective Testing Methodology in Automotive Software Development. *Circuits and Systems*, *07*(09), 2568–2577. https://doi.org/10.4236/cs.2016.79222

TOPUZ, M. (2021). *KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ HİBRİT ARAÇLAR İÇİN CAN BUS HABERLEŞME BİRİMİ İLE ARAÇ KONTROL SİSTEMİ VE LINUX TABANLI GUI TASARIMI MURAT TOPUZ YÜKSEK LİSANS TEZİ Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Aralık-2021 KONYA Her Hakkı Saklıdır*.

R048r12e AHB. (2014).

R121r2e. (2015).

R130e. (2013).

R141e. (2017).

R151e. (2020).

R152e. (2020).

R159e. (2021).

İNTERNET KAYNAKLARI

https://www.ulasim-as.com/ (E.T. 11.11.2024)

https://truck.knorr-bremse.com/ (E.T. 11.11.2024)

https://tr.wikipedia.org/ (E.T. 12.11.2024)

https://data.tuik.gov.tr/ (E.T. 12.11.2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜLER VE PRATİK UYGULAMALARI

Elektrik-Elektronik Mühendisi Fatih SAMAN
smnfth26@gmail.com- 0009-0005-9406-6856
Doç.Dr.Ayhan GÜN[1]
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi
ayhan.gun@dpu.edu.tr- 0000-0002-4223-2518

ÖZET

Bir doğru akım (*DC*) gerilimini arttırıp azaltmak için kullanılan devreler DC-DC dönüştürücü devreler olarak adlandırılır. Normalde DC gerilimi düşürmek için direnç ile gerilim bölücü devre, diyotlu kıyıcı devreler ya da gerilim regülatörleri kullanılabilir. Ancak bu devrelerde oluşan güç kayıplarından dolayı (*devre elemanları üzerinde oluşan kayıplardan dolayı*) bu devrelerin yerine daha verimli çalışan ve anahtarlamalı güç kaynakları olan Buck (*düşürücü*), Boost (*yükseltici*), Buck-Boost (*düşürücü-yükseltici*) dönüştürücüler ya da izoleli dönüştürücüler olan Forward ve Flyback (*izoleli düşürücü-yükseltici*) dönüştürücü devreler tasarlanmaktadır.

DC-DC dönüştürücü devrelerde DC gerilim dönüştürme işleminde anahtarlama elemanı olarak BJT ya da mosfet kullanılır. Mosfet, mosfet sürücüler (*Örnek:IR2104*) ile sürülür ve mosfeti tetiklemek için PWM sinyali kullanılır. PWM (*İşaret Genişlik Modülasyonu*), genliğini (*gerilim değeri*) istediğimiz bir şekilde ayarlayabildiğimiz kare dalga üretmek için kullanılan metottur. Bu metotta bir periyodun lojik-1 ve lojik-0 olduğu süreler ile çıkış gerilimi ayarlanır.

Bu makalede DC-DC dönüştürücü temel devre tasarımı, tasarım yapılırken seçilecek elemanlar, bu elemanların ve diğer parametrelerin ne olacağı ya da nasıl belirleneceği anlatılmış ve pratik uygulamaları örnekler ile anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler : DC-DC Dönüştürücüler, Buck, Boost, PWM

DC-DC CONVERTERS AND PRACTICAL APPLICATIONS

ABSTRACT

Circuits used to increase or decrease a direct current (*DC*) voltage are called DC-DC converter circuits. Normally, voltage divider circuits with resistors, diode chopper circuits or voltage regulators can be used to decrease DC voltage. However, due to the power losses in these

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

circuits (*due to losses occurring on circuit elements*), more efficient and switched power supplies such as Buck (*step-down*), Boost (*step-up*), Buck-Boost (*step-down-step-up*) converters or isolated converters such as Forward and Flyback (*isolated step-down-step-up*) converter circuits are designed instead of these circuits.

In DC-DC converter circuits, BJT or MOSFET is used as the switching element in the DC voltage conversion process. MOSFET is driven with MOSFET drivers (*Example: IR2104*) and PWM signal is used to trigger MOSFET. PWM (*Signal Width Modulation*) is the method used to produce square wave whose amplitude (*voltage value*) can be adjusted as desired. In this method, the output voltage is adjusted by adjusting the times when a period is logic-1 and logic-0.
In this article, the basic circuit design of the DC-DC converter, the elements to be selected during the design, what these elements and other parameters will be or how they will be determined are explained and practical applications are explained with examples.

Keywords : DC-DC Converters, Buck, Boost, PWM

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte üretilen elektronik sistemlerde farklı gerilim seviyelerine ya da farklı gerilim seviyelerine sahip sistemlerin birbirleri ile uyum için çalışması, fotovoltaik panel vb. sistemlerin ürettiği enerjinin verimli şekilde depolanıp kullanılabilmesi gibi ihtiyaçlar oluşmuştur. Bu da, farklı güç ve gerilim seviyeleri üretecek güç kaynaklarına talebi ortaya çıkarmıştır.

Günümüzde elektronik sistemlerin DC çalışma gerilim seviyeleri genel itibari ile 3.3V, 5V, 12V ve 24V gerilim seviyelerindedir. DC sistemlerde gerilim düşürme işlemi her ne kadar direnç ile gerilim bölücü devresi oluşturarak ya da gerilim regülatörü ile yapılabiliyor olsa da bu yöntemler güç kaybına neden olduğu için verimsizdir. Ayrıca gerilim yükseltme işlemi yapılmak istenen durumlarda bu ve benzeri metotlar kullanılamaz. Bu yüzden verimi yüksek olacak şekilde gerilimi alçaltıp yükseltilebilecek sistem tasarımlarına gereksinim duyulmuştur. Bu gereksinim sonucunda da Buck, Boost, Buck-Boost, Flyback, Forward, LLC adı verilen sistemler tasarlanmıştır. Bu devreler düşük güçlü uygulamalarda kullanılır. Düşük güç uygulamalarında pasif elemanların azaltılarak, yüksek anahtarlama frekansına sahip yarı iletkenler kullanılmasının işlem hassasiyetinin yüksek olmasını sağladığı görülmüştür[1].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

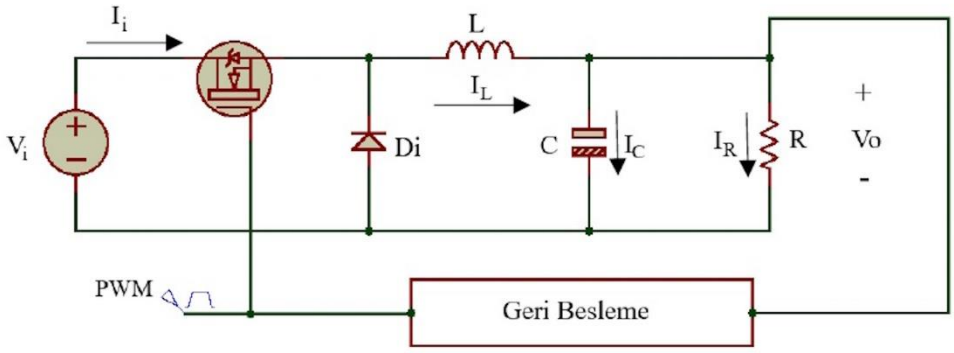
Bu makalede temel olarak Buck, Boost, Buck-Boost ve Flyback adı verilen sistemlerin temel tasarım parametreleri, bu sistemlerin çalışma şekilleri ve tasarımda kullanılacak denklemler ele alınmıştır. Tasarım şartlarına göre örnek devreler oluşturulmuş ve oluşturulan devreler

benzetim-simülasyon ortamında çalıştırılarak hesaplanan değerlerle simülasyon değerleri karşılaştırılmıştır.

2.1. DC Gerilim Düşürücü (*Buck*) Devresi Tasarım İlkeleri ve Denklemleri

DC-DC dönüştürücüler yaygın olarak güneş, rüzgâr ve yakıt hücreleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında kullanılır. Bir Buck dönüştürücü devre modeli Görsel 1'de verilmiştir. Devrede çıkış gerilim değerini değiştirme işlemi PWM sinyalinin Duty Cycle değeri ile sağlanır (M. Veerachary. R, A., & C, B. (2024)).

Bu devrede giriş gerilimi çıkışta düşürülürken, giriş akımı çıkışta artacaktır.



Görsel 1. DA-DA düşürücü (*Buck Converter*) devre yapısı.

Görsel 1.'de verilen dönüştürücü devrelerdeki R direnci, devre çıkışına bağlanacak yükün direncidir. Yani yükü ifade eder.

Devrelerde diyot olarak schottky *(Örnek: MBR20100CT, SS14*) ya da Ultra Fast diyot kullanılması uygun olur. Çünkü diyotun iletimden kesime geçmesi için bir süre (*ters toparlanma süresi=trr*) beklemek gerekir. Bu süre kadar beklenmediği durumda diyot zorla kesime sokulmuş gibi olur ve bu şekilde uzun süre çalışma durumunda bozulmalar meydana gelecektir. Schottky diyotlarda ters toparlanma süresi yoktur. Bu sebeple anahtarlama devrelerinde diyot olarak bu diyotlar tercih edilirler. Ancak schottky diyotlarda belirli bir gerilime kadar dayanabilirler. Yüksek gerilim altında çalışma durumu var ise Ultra fast diyotlar kullanılır. Ayrıca seçilecek diyotun ters gerilim değeri, Vo (*çıkış gerilimi*) değerinden büyük olmalıdır.

Bu devrelerde kullanılacak elemanlar seçilirken elemanların dayanma akımlarının devre akımından büyük olarak seçilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Dönüştürücü devrelerde Kesintili Akım (*DCM*) Modu ve Sürekli Akım (*CCM*) Modu olarak iki farklı çalışma modu vardır. Bobin akımının (I_L) sıfır olmadığı durum sürekli akım (*sürekli çalışma*) modudur.

Devre tasarımı yapılırken aşağıdaki adımlar izlenir. Bu adımlar diğer dönüştürücüler için aynı olup sadece denklemler farklıdır.

[1]https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775312003953
Verilen denklemler kayıplar ihmal edilerek yani Pgiriş = Pçıkış varsayılarak ve sürekli çalışma moduna (*Continuous Current Mode=CCM*) göre elde edilen denklemlerdir. Gerçek hayatta bobin, mosfet, diyot ve kondansatör üzerinde kayıplar olacağı için bu kayıplar hesaba katılarak Pgiriş = Pçıkış + P_L + P_C + P_D şeklinde hesaplama yapmak gerekir. Elemanın üzerinde harcanan güç ise o elemanın iç direnci ile üzerinden geçen akımın karesi (*normal güç hesabı*) şeklinde hesaplanır. Örneğin bobinin iç direnci $\mathbf{r_L}$'dir. Buna göre $\mathbf{P_L = I_L^2 \cdot r_L}$'dir.

Tasarım için ilk önce 20kHz üzerinde istediğimiz bir frekans değeri seçeriz (*Bu frekans değerinin bobin üzerinde de bir etkisi vardır. Ayrıca kullanılacak mosfetin anahtarlama hızı da burada etkilidir. En iyi anahtarlama frekansı ve elektromanyetik uyumluluk kuralları çerçevesinde genelde 60kHz ile 100kHz arası frekans değerleri kullanılır*).

Daha sonra, kullanılacak giriş gerilimi, istenilen çıkış gerilimi, istenilen yük (*çıkış*) akımını, çıkış gerilim dalgalanma oranını belirlememiz ve yükün direnç değerini bilmemiz lazım. Bu parametrelere göre tasarım yapılır. Belirlediğimiz frekans değerine göre $\mathbf{T = 1 \div f}$ ile periyot belirlenir ve ardından sırasıyla aşağıdaki hesaplamalar yapılır. Aşağıda Buck dönüştürücü tasarımı için kullanılan denklemler verilmiştir.

D (*duty cycle*) görev çevrimini ifade eder ve aşağıda verilen denklem (1) ile hesaplanır.
(H. Bodur, 2010).

$$\mathbf{D = \frac{V_O}{V_i \cdot \eta}} \qquad (1)$$

Büyük bir duty cycle değeri verimliliği düşürür ve geçici tepki için engeller oluşturur (B. Axelrod, Y. Berkovich and A. Ioinovici).

Sistemin verimli çalışması için duty cycle değeri **0.1** ile **0.8** *(%10 ile %80*) arasında bir değer olmalıdır. Çıkış gerilimi Duty cycle ile ayarlanır. Bu değerin yükselmesi çıkış gerilimini arttırır, düşmesi de çıkış gerilimini düşürür. Duty Cycle değeri mikrodenetleyici tarafında yazılımla ayarlanır(H. Bodur, 2010, A. Gün and A. Karamancıoğlu).

Vo, çıkış gerilimidir (*R direnci üzerine düşen gerilim*).

$$\mathbf{I_o = I_R = \frac{V_O}{V_i \cdot \eta}} \qquad (2)$$

Vi, en büyük giriş gerilim değeridir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

η, verimdir. Verim genellikle %80-%90 (0.8-0.9) arası bir değer seçilerek işlem yapılabileceği gibi denklem (3) ile de hesaplanabilir(H. Bodur, 2010).

$$\eta = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1} + \left((\mathbf{r_L} \cdot \mathbf{R}) \cdot (\mathbf{1} - \mathbf{D})^{\mathbf{2}}\right)} = \frac{\mathbf{P_i}}{\mathbf{P_o}} \qquad (3)$$

(*Denklemde rL parametresi bobin iç direncidir*.)

$$\mathbf{P_i} = \mathbf{P_o} \cdot \eta \qquad \mathbf{P_i} = \mathbf{V_i} \cdot \mathbf{I_i} \qquad \mathbf{P_o} = \mathbf{V_o} \cdot \mathbf{I_R}$$

Dönüştürücü devrelerde PI, PD, PID, sınır, bulanık veya diğer kontrolör türleri kullanılarak sistem verimliliği arttırılabilir (T. Dragičević, X. Lu, J. C. Vasquez and J. M. Guerrero).

Bobin üzerinden geçen akıma (*ortalama akım*) I_L, kondansatör üzerinden geçen akıma I_C, çıkış akımı da (*R direnci üzerinden akan akım ya da yük akımı*) I_O olmak üzere
$\mathbf{I_L} = \mathbf{I_C} + \mathbf{I_R}$'dir.

Devrede kondansatör ortalama akımı I_C=0'dır. Bu durumda $\mathbf{I_L} = \mathbf{I_R}$ olur. Yani I_L akımı aynı zamanda devrenin çıkış akımdır. Buradan:

Endüktans akımı = $\mathbf{I_L} = \mathbf{I_R} = \mathbf{V_o} \div \mathbf{R}$ (4)

Bobin akımı hesaplandıktan sonra ortalama bobin akımı denklem (5) ile hesaplanır ve ortalama bobin akımından da devrede kullanılması gereken bobinin minimum değeri denklem (8) ile hesaplanır. Denklem (5)'te verilen $\mathbf{r_{LR}}$ parametresi endüktans (*bobin*) akımının dalgalanma değeridir. Bu parametre **0.2** ile **0.4** arasında bir değer seçilerek te ΔI_L hesaplanabilir[5].

$$\mathbf{\Delta I_L} = \mathbf{r_{LR}} \cdot \mathbf{I_L} = \frac{(\mathbf{V_i} - \mathbf{V_o}) \cdot \mathbf{D}}{\mathbf{L} \cdot \mathbf{f}} = \mathbf{I_{Lmax}} - \mathbf{I_{Lmin}} \qquad (5)$$

$$\mathbf{I_{Lmax}} = \mathbf{I_L} + (\mathbf{\Delta I_L} \div \mathbf{2}) = \mathbf{V_o} \cdot \left(\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{R}} + \frac{\mathbf{1} - \mathbf{D}}{\mathbf{2} \cdot \mathbf{f} \cdot \mathbf{L}}\right) \qquad (6)$$

Burada hesaplanan I_{Lmax} akımı devrenin çıkışında alınacak akım değerini ifade eder.

Devrede kullanılacak bobinin dayanma akımı da denklem (6)'da hesaplanan I_{Lmax} değerinden en az 2 kat büyük seçilmelidir.

$$\mathbf{I_{Lmin}} = \mathbf{I_L} - (\mathbf{\Delta I_L} \div \mathbf{2}) = \mathbf{V_o} \cdot \left(\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{R}} - \frac{\mathbf{1} - \mathbf{D}}{\mathbf{2} \cdot \mathbf{f} \cdot \mathbf{L}}\right) \qquad (7)$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$I_{Lmin}>0$ şartı, devrenin sürekli akım modunda çalışma şartıdır. $I_{Lmin}<0$ olması durumu kesintili akım modunda çalışma anlamına gelir.

Devrede kullanılacak bobinin en küçük değeri denklem (8) ile hesaplanır ve hesaplanan bobin değeri devrenin sürekli akım (*CCM*) durumunda yani devrenin sürekli çalışması durumuna göre kullanılacak minimum bobin değeridir (H. Bodur, 2010).

$$\mathbf{L = \frac{(V_i - V_o) \cdot D}{f \cdot \Delta I_L} = \frac{(1 - D) \cdot R}{2 \cdot f}} \quad (8)$$

Devre kararlılığı için, bulunan bu bobin değerinin en az 10 katı büyüklüğünde bir bobin seçilir ve bu seçilen yeni değere göre tekrar ΔI_L ve I_L değerleri hesaplanarak, son durumda seçilen bobine göre devre akımının ne olacağı görülür.

Devredeki diyotun ortalama akımı denklem (9)'da verilmiştir[5].

$$\mathbf{I_F = I_{Lmax} \cdot (1 - D)} \quad (9)$$

Diyotun ileri yön gerilimine V_F dersek diyot üzerinde harcanan güç:

$$\mathbf{P_D = I_F \cdot V_F} \quad (10)$$

Devrede kullanılacak kondansatörün (*kutuplu kondansatör*) minimum değeri ile kondansatör akımının en yüksek tepe değeri denklem 12 ile hesaplanır:

$$\mathbf{C = \frac{1 - D}{8 \cdot L \cdot f^2 \cdot r_o}} \quad (11)$$

$$\mathbf{I_{CRMS} = \Delta I_L \div \left(2 \cdot \sqrt{3}\right)} \quad (12)$$

Kondansatörün değeri büyüdükçe çıkış gerilimindeki dalgalanma azalır. Bu da çıkışta sabit ve düzgün bir gerilim elde etmemizi sağlar. Çıkış gerilimindeki dalgalanmayı sönümleyecek şekilde bir kondansatör seçimi yapılmalıdır. Seçilecek kondansatör değeri burada hesaplanan değerden daha büyük seçilir.

Denklem (11)'de verilen **ro** parametresi çıkış gerilimi dalgalanma oranıdır. Pratikte **0.01** ile **0.05** arası bir değer seçilebilir ya da aşağıdaki denklemlerle hesaplanır (H. Bodur, 2010).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[5]How to Design Flyback Converter With LM3481 Boost Controller, Texas Instruments.

Çıkış gerilim dalgalanma oranı = $\mathbf{r_o = \Delta V_o \div V_o}$

$$\mathbf{\Delta V_o = \frac{T \cdot \Delta I_L}{8 \cdot C} = r_o \cdot V_o} \qquad (13)$$

Seçilecek kondansatörün ESR (*eşdeğer direnç*) değeri en fazla: $\mathbf{r_C = \Delta V_o \div \Delta I_L}$ olmalıdır. Devrede kullanılacak kondansatörün ESR değeri ve sıcaklıkla kapasite değişim oranı düşük olmalıdır (*örnek: X7R, X8R*). Çünkü DC ön gerilim ve sıcaklık nedeniyle kondansatör kapasitesinde düşüşler meydana gelir.
Kondansatör üzerine düşecek gerilim değeri çıkış gerilimi kadar olacağından kondansatör seçiminde kondansatör gerilimi çıkış gerilim değerinin en az 2 katı kadar olacak şekilde seçilir. Örneğin çıkış 24V olacaksa çıkışta kullanılacak kondansatörün gerilim değeri 50V ya da üzeri seçilmelidir.
Devrenin giriş geriliminin AC sinyal olması durumunda girişte kullanılacak doğrultma kapasitesinin değerinin ne olacağı yaklaşık olarak denklem (14) ile hesaplanır.

$$\mathbf{C_{in} = \frac{(1 - D) \cdot I_o \cdot D}{ro_{in} \cdot V_m \cdot f}} \qquad (14)$$

Denklemde f = anahtarlama frekansı, D = maksimum güçteki duty cycle değeri,
Io = maksimum çıkış akımı, Vm = maksimum giriş gerilimidir (E. Koutroulis and K. Kalaitzakis).

Devrede anahtarlama elemanı olarak kullanılacak mosfet, giriş gerilimine dayanacak şekilde seçilmelidir.

Devre tasarımı yaparken mosfet anahtarlama işlemi için mosfet sürücü devresi kullanılır. Bu işlem için hazır Buck entegresi de kullanılabilir. (*Örnek: AP63300, LM5007MM, LM2596*). IGBT modülleri, büyük boyutları ve yüksek iç endüktansları nedeniyle yüksek yoğunluklu yüksek frekanslı uygulamalar için uygun değildir (M. N. Kheraluwala, et al.).

UYGULAMA 1: Giriş gerilimi (*Vi*) 24V, çıkış gerilimi (*Vo*) 5V, verim (η) 0.8, frekans 100kHz, ro oranı 0.04 ve yük direnci 100Ω olan bir DC-DC dönüştürücü tasarım hesabı aşağıda verilmiştir.

$$D = \frac{Vo}{Vi \cdot \eta} = \frac{5}{24 \cdot 0.8} = 0.26 \quad (\%26)$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

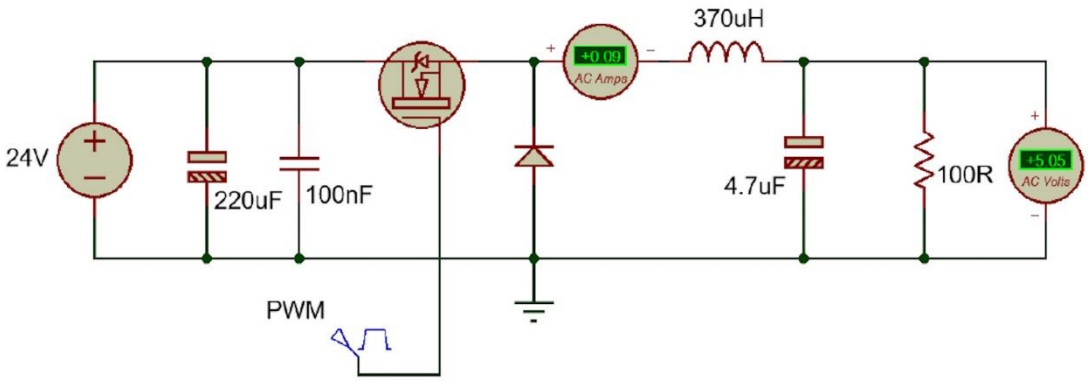
$$L = \frac{(1 - D) \cdot R}{2 \cdot f} = \frac{(1 - 0.26) \cdot 100}{2 \cdot 100000} = 370uH$$

$$C = \frac{1 - D}{8 \cdot L \cdot f^2 \cdot r_o} = \frac{1 - 0.26}{8 \cdot 370 \cdot 10^{-6} \cdot 100000^2 \cdot 0.04} = 0.625uF.$$

0.625uF olarak hesaplanan kondansatör değeri yerine 4.7uF değeri seçilmiştir.

Belirtilen elemanlarla tasarım yapıldığında çıkış geriliminin 4.56 volt olduğu görülmektedir. Vo değerini 4.5V kabul ederek IL değerini hesapladığımızda:

$$I_{Lmax} = V_o \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1 - D}{2 \cdot f \cdot L}\right) = 4.5 \cdot \left(\frac{1}{100} + \frac{1 - 0.26}{2 \cdot 100000 \cdot 370 \cdot 10^{-6}}\right) = 0.09A \ \ bulunur.$$



*** Kullanılan diyotun ters toparlanma süresi de çıkış gerilimini etkilemektedir.

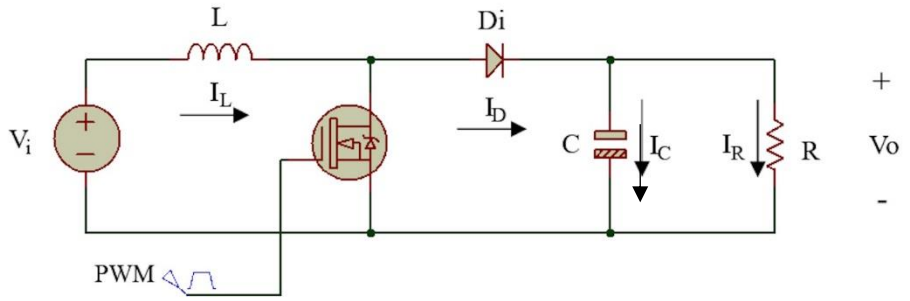
Düşürücü ve yükseltici dönüştürücülere uygulanacak iki kapasitör ve iki-üç diyot (*C-anahtarlama*) veya iki indüktör ve iki-üç diyot (*L-anahtarlama*) ile oluşturulan basit anahtarlama yapısı ile devrenin manyetik alanda daha az enerjiye, indüktörlerin boyutunda ve maliyetinde tasarrufa ve anahtarlama elemanlarında daha az akım stresine, daha küçük iletim kayıplarına ulaşması sağlanabilir[12]. Girişte kullanılacak indüktörlü devrenin, düşük duty cycle oranlarında daha fazla kazanç sağladığı da yapılan testlerde görülmüştür (Marrapu, S. H. N., & Rathinadurai Louis, J. (2024)).

2.2. DC Gerilim Yükseltici (Boost) Devresi Tasarım İlkeleri ve Denklemleri

Bir Boost Dönüştürücü devre modeli Görsel 2'de verilmiştir. Devrede çıkış gerilim değerini değiştirme işlemi, Buck Dönüştürücü devresinde olduğu gibi PWM sinyalinin Duty Cycle değeri ile sağlanır.

Devredeki **R** direnci, devre çıkışına bağlanacak yükün direncidir. Yani yükü ifade eder.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. DA-DA yükseltici (*Boost Converter*) devre yapısı.

Bu devre yapısında mosfet iletimdeyken akım, bobin ile mosfet üzerinde döner ve bobin üzerinde enerji depolanır. Mosfet kesime girdiği zaman ise kaynak gerilimi ve bobin gerilimi toplanarak yük üzerine düşer.

Devre tasarım ilkeleri Buck dönüştürücü ile aynı olup denklemlerde farklılıklar vardır.
Verilen denklemler kayıplar ihmal edilerek ve sürekli çalışma moduna (CCM) göre elde edilen denklemlerdir (H.Bodur,2010).

Devrede giriş akımı $I_i = I_L$' dir.

Devrenin duty cycle değeri:

$$\mathbf{D = 1 - \frac{V_i \cdot \eta}{V_o}} \qquad \mathbf{(15)}$$

$$\mathbf{I_R = I_D = (1 - D) \cdot I_i = \frac{V_o}{R}} \qquad \mathbf{(16)}$$

Verim:

$$\mathbf{\eta = \frac{1}{1 + (r_L \cdot R) \cdot (1 - D)^2}} \qquad \mathbf{(17)}$$

$$\mathbf{\Delta I_L = r_{LR} \cdot I_L = \frac{V_i \cdot D}{L \cdot f} = I_{Lmax} - I_{Lmin}} \qquad \mathbf{(18)}$$

$$\mathbf{L = \frac{R \cdot D \cdot (1 - D)^2}{2 \cdot f} = \frac{D \cdot V_i}{f \cdot \Delta I_L}} \qquad \mathbf{(19)}$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$\mathbf{I_{Lmax} = I_{Lmax} + \left(\frac{\Delta I_L}{2}\right) = \frac{V_i}{(1-D)^2 \cdot R} + \frac{V_i \cdot D}{2 \cdot f \cdot L}} \quad (20)$$

$$\mathbf{I_{Lmax} = I_{Lmax} - \left(\frac{\Delta I_L}{2}\right) = \frac{V_i}{(1-D)^2 \cdot R} - \frac{V_i \cdot D}{2 \cdot f \cdot L}} \quad (21)$$

$$\mathbf{I_L = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i} = \frac{V_i}{R \cdot (1-D)^2} = \frac{V_o^2}{V_i \cdot R}} \quad (22)$$

Devrede kullanılacak elemanlar I_{Lmax} akımına dayanacak nitelikte seçilmelidir.

$$\mathbf{C = \frac{D}{R \cdot f \cdot r_o}} \quad (23)$$

(*ro değeri 0.01 ile 0.05 arası bir değer seçilebilir.*)

$$\mathbf{r_o = \Delta V_o \div V_o} \quad (24)$$

$$\mathbf{\Delta V_o = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot C \cdot f}} \quad (25)$$

Seçilecek kondansatörün ESR (*eşdeğer direnç*) değeri:

$$\mathbf{r_C = \frac{\Delta V_o}{I_{Lmax}}} \quad (26)$$

Eğer giriş gerilimi istenilen iki gerilim değeri aralığında olacak şekilde bir tasarım yapılacaksa önce $\mathbf{\Delta I_L = r_{LR} * I_L}$ ile ΔI_L hesaplanır. Bu ΔI_L ve büyük olan Vi değerine göre de devrede kullanılacak bobin değeri hesaplanır.

Bobin değeri hesaplandıktan sonra bu bobin değerine göre ve küçük olan Vi değerine göre tekrar ΔI_L hesaplanır. Bu ΔI_L değeri ile de I_{Lmin}, I_{Lmax} akımları hesaplanır.

Devrede kullanılacak kondansatör değeri, küçük olan Vi değeri ile hesaplanacak olan D değeri kullanılarak hesaplanır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

UYGULAMA 2: Bu tasarımda aşağıda verilen değerleri sağlayacak bir Boost Dönüştürücü devresi yapılmış ve simülasyonda gösterilmiştir.

Giriş gerilimi (Vi) 5V, Verim (η) %80 (0.8), Çıkış gerilimi (Vo) 24V, Çıkış akımı (IR) 3A,

Çıkış gerilim dalgalanma oranı 0.02 (ro) olan R=10Ω'luk yük için yükseltici devre tasarımı yapalım.

Frekans değeri 100kHz olsun.

Verilenlere göre duty cycle değerimiz:

$$D = 1 - \frac{V_i \cdot \eta}{V_o} = 0.8$$

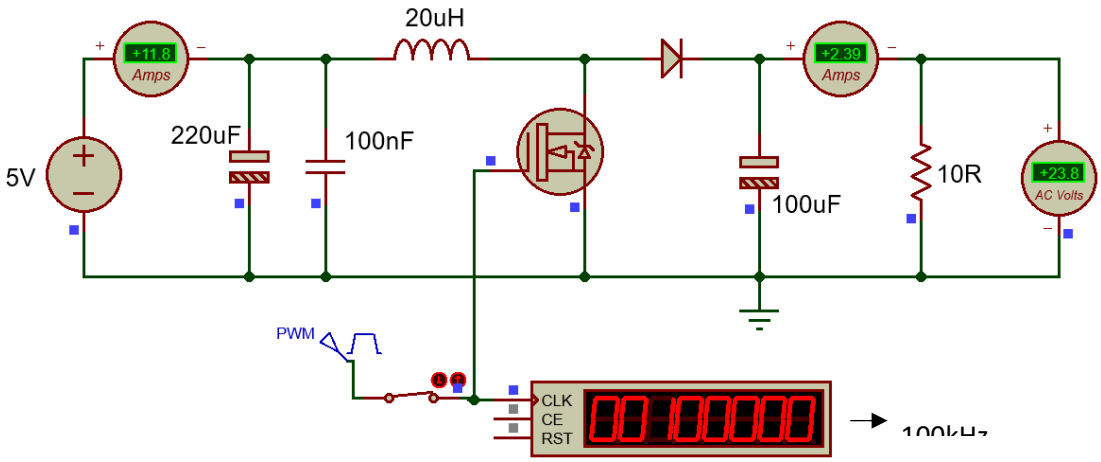
$$I_L = \frac{V_o^{\,2}}{V_i \cdot R} = 11.5A$$

$$L = \frac{R \cdot D \cdot (1-D)^{\,2}}{2 \cdot f} = 1.6\mu H$$

$$C = \frac{D}{R \cdot f \cdot r_o} = 40\mu F$$

Bobin değeri 20µH ve kondansatör değeri de 100µF seçilebilir.

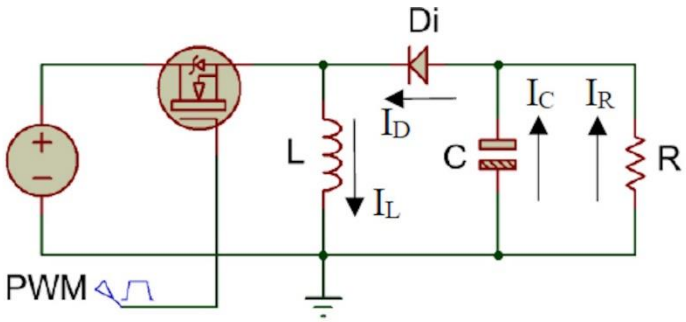
Hesaplanan eleman değerlerine göre devre simülasyonu yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.3. Düşürücü-Yükseltici (Buck-Boost) Devresi

Buck ve Boost yapının bir arada olduğu devreler Buck-Boost (*düşürücü-yükseltici*) dönüştürücü olarak adlandırılır. Buck-Boost dönüştürücü devre modeli Görsel 3'de verilmektedir.



Görsel 3. DA-DA düşürücü-yükseltici (*Buck-Boost Converter*) devre yapısı.

Bu bölümde verilen denklemler devrenin sürekli çalışma durumuna göre kullanılacak denklemlerdir. Tasarım Buck ve Boost ile verilen yöntemler ile aynıdır.

Bu devrede gerilim yükseltme ve alçaltma işlemi duty cycle (D) ile belirlenir. D < 0.5 olması durumunda düşürücü olarak, D > 0.5 durumunda yükseltici olarak çalışır (H. Bodur, 2010. M.H. Rashid, 2016, N. Manimaran, J. Baskaran, K. Padmanathan, G. Mahalakshmi, A. Gün and A. Karamancıoğlu).

$$\mathbf{P_i = V_i \cdot I_i} \tag{27}$$

$$\mathbf{P_Ç = \frac{V_Ç^2}{R}} \tag{28}$$

$$\mathbf{V_o = \frac{V_i \cdot D}{1 - D}} \tag{29}$$

$$\mathbf{I_L = \frac{D \cdot V_i}{R \cdot (1 - D)^2} = \frac{P_o}{D \cdot V_i}} \tag{30}$$

$$\mathbf{\Delta I_L = \frac{D \cdot V_i}{L \cdot f}} \tag{31}$$

$$\mathbf{I_{Lmin} = I_L - \frac{\Delta I_L}{2}} \tag{32}$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$\mathbf{I_{Lmax}} = \mathbf{I_L} + \frac{\mathbf{\Delta I_L}}{\mathbf{2}} \quad (33)$$

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{R \cdot (1 - D)^2}}{\mathbf{2 \cdot f}} \quad (34)$$

$$\mathbf{C} = \frac{\mathbf{D}}{\mathbf{R \cdot f \cdot r_o}} \quad (35)$$

Buck-boost topolojilerinde birim gerilim kazancını (*DMR*) arttırmak için anahtarlı kapasitör köprüsü tasarımları devreye eklenebilir. Anahtarlı kapasitör köprüsünün varlığı, bucking işlemi için görev oranı aralığını iyileştirirken, iki anahtarın varlığı çok modlu işlemleri gerçekleştirmek için serbestlik derecesi sunar (U. Dey and M. Veerachary).

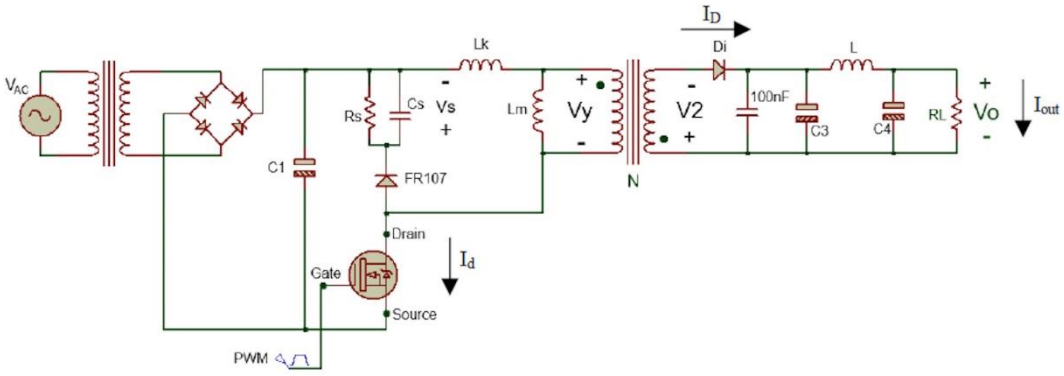
Buraya kadar anlatılan izolesiz dönüştürücülerde temel tasarım parametreleri verilmiştir. Normal hayatta ise giriş ve çıkışta ki dalgalanmaları bastırmak, yüksek frekanslı anahtarlama ile oluşacak yüksek frekanslı gürültüyü sönümlemek için güç dönüştürme devresine elektromanyetik girişim (*EMI*) filtreleri eklemek te gerekir (M. H. Rashid). Böyle bir durumda temel tasarım devresi gürültü bastırma devreleri ile birlikte davranışı karmaşık olan daha yüksek mertebeden bir sistem haline gelecektir. Bu devrelerde girişe koyulacak bir endüktans giriş akım dalgalanmasını, kapasitör de giriş gerilim dalgalanmasını sönümleyecektir.

2.4.İzoleli DC-DC dönüştürücü Flyback Devresi

İzoleli dönüştürücülerde devrede galvanik izoleli trafo (*smps trafo*) kullanılır. Bu trafo, şebeke ve çevre birimlerin gürültülerini engelleyerek dönüştürücü devrenin daha stabil çalışmasını sağlar. Flyback dönüştürücüler, en yaygın olarak elektronik kontrol kartlarındaki elemanların (*mikrodenetleyici, opamp vb.*) beslemesinde güç kaynağı olarak kullanılır.
Flyback dönüştürücüler izoleli dönüştürücüler olup yükseltici ve düşürücü olarak çalışırlar. Düşük güçlü (*150W'a kadar*) uygulamalarda anahtarlamalı güç kaynağı olarak kullanılır. Daha yüksek güçlü uygulamalar için Forward, Half-Bridge, Full-Bridge ve LLC dönüştürücüler kullanılır (D.W. Hart, 2011, M. H. Rashid).
Flyback dönüştürücüler için FSL137H, FAN6756, NCP1014, AN4137, UC3845, FAN6604 gibi bazı hazır flyback mosfet sürücü entegreleri bulunmaktadır. Kullanılacak entegre, Görsel 4'de verilen devrede PWM yazılı yere bağlanır[2,3,4,5,6].

Flyback devre yapısı aşağıda verilmiş olup bu bölümde tek çıkışlı flyback devre tasarımı anlatılmıştır[3]. Devrede görülen Lk ve Lm bobinleri gerçekte devre üzerinde bobin gibi olmayıp kullanılan trafodan kaynaklı oluşan kaçak endüktans (*Lk*) ve mıknatıslanma (*Lm*) endüktansıdır. Bu endüktanslar, tasvir etme amaçlı olarak devre üzerinde bobin şeklinde gösterilmiştir. N, trafonun dönüştürme oranıdır. Nasıl hesaplanacağı denklem (43)'de verilmiştir[3].

[2]www.allaboutcircuits.com
[3]AN4137 datasheet.
[4] FSL137H datasheet.
[5] NCP1014 datasheet.
[6] How to Design Flyback Converter With LM3481 Boost Controller, Texas Instruments.



Görsel 4. Tek çıkışlı (*tek fazlı*) Flyback DA-DA dönüştürücü devre yapısı.

Vy (V_{RO}) gerilimine "yansıyan gerilim" denir. Nasıl hesaplanacağı denklem (42)'de verilmiş olup Vo ile N değerinin çarpımı ile de hesaplanabilir[3].
C1 kondansatörünün değeri, VAC (*giriş AC gerilimi*) gerilim değerine göre hesaplanır. Pratik olarak C1 kondansatörü değeri şu şekilde belirlenir: VAC gerilim değeri tasarımda 85Vrms (*minimum hat voltajı*) ile 265Vrms (*maksimum hat voltajı*) arası bir değer olarak kabul edilecekse (*bu değer aralığı UNIVERSAL INPUT olarak adlandırılır*.) çıkış gücü ile 2µF ya da 3µF çarpımı bir değer olarak seçilir[3].

VAC gerilim değeri 195Vrms ile 265Vrms arası bir değer olarak kabul edilecekse çıkış gücü ile 1µF çarpımı bir değer olarak seçilir[3]. Yani giriş gerilimini 85Vrms ile 265Vrms arası bir değer, Flyback çıkış gücünü 50W kabul edersek C1'i 150µF/400V seçebiliriz. Ya da 220µF/400V olarak seçebiliriz. Kondansatörlerin sağlıklı çalışması için kondansatörün çalışma gerilim değeri, bağlandığı devre geriliminin en az iki katı olacak şekilde seçilmelidir. Yukarıda verilen kondansatör gerilim değeri bu yüzden 400V olarak seçilmiştir. Yukarıda verilen gerilim kabul değerleri gerilimin RMS değerleridir. Gerilimin tepe değeri denklem (36) ile hesaplanır.

$$\mathbf{V_T = V_{RMS} \cdot \sqrt{2}} \qquad \mathbf{(36)}$$

Tasarıma başlarken öncelikle oluşturulacak devrenin çıkış gücünün ne olacağının belirlenmesi gerekir. Yani kaç watt'lık bir dönüştürücü tasarlanacağına karar verilmelidir.
Çıkış gücüne göre çıkış gerilimi (V_O) ve çıkış akımının (I_{OUT}) değerlerinin ne olması gerektiği belirlenir.

$$\mathbf{P_o = V_o \cdot I_{out}} \qquad \mathbf{(37)}$$

Flyback dönüştürücülerde verim (η) 0.8 ile 0.85 arası bir değer seçilir (FSL137H datasheet).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çıkış gücünü ve verimin ne olması gerektiği belirledikten sonra giriş gücü (*Pi*) hesaplanır.

[3]AN4137 datasheet.

$$\mathbf{P_i = \frac{P_o}{\eta}} \quad (38)$$

Giriş gücü hesaplandıktan sonra kayıp güç bulunabilir.

$$\mathbf{P_{Kayıp} = P_i - P_O} \quad (39)$$

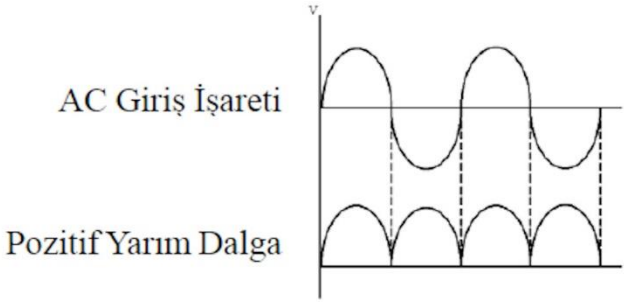
Devrenin giriş gerilimi olan Vi değeri aynı zamanda C1 kondansatöründen sonraki devrede görülecek olan DC gerilimin minimum değerini ifade eder. Vi gerilim değerinin en düşük değeri denklem (40) ile hesaplanır[3].

$$\mathbf{Vi_{min} = \sqrt{2 \cdot \left(V_{AC(min)}\right)^2 - \frac{Pi \cdot (1 - Dch)}{C_1 \cdot f_h}}} \quad (40)$$

fh, AC giriş geriliminin frekansıdır. (*Türkiye için fh=50Hz'dir*.)

$V_{AC(min)}$, AC sinyalin minimum değeridir. Örneğin universal input değerlerine göre hesap yapılacaksa $V_{AC(min)}$ değeri denklem (40)'da 85V olarak alınır.
C1 kapasitesi yukarıda anlatıldığı gibi seçilirse Dch değeri 0.2 alınır[3]. Aksi taktirde
$\mathbf{Dch = T1 \div T2}$ ile belirlenir. (*T1 ve T2 ifadeleri Görsel 6'da verilmiştir*.)

Köprü diyot ile yapılan AC sinyal doğrultma işlemine tam dalga doğrultma denir. Tam dalga doğrultma işlemi sonunda giriş AC sinyali Görsel 5'deki gibi (*pozitif yarım dalga şeklinde*) olur. Köprü diyot çıkışına kondansatör (*C1*) bağlandığında çıkış sinyalinin nasıl olacağı Görsel 6'da verilmiştir.

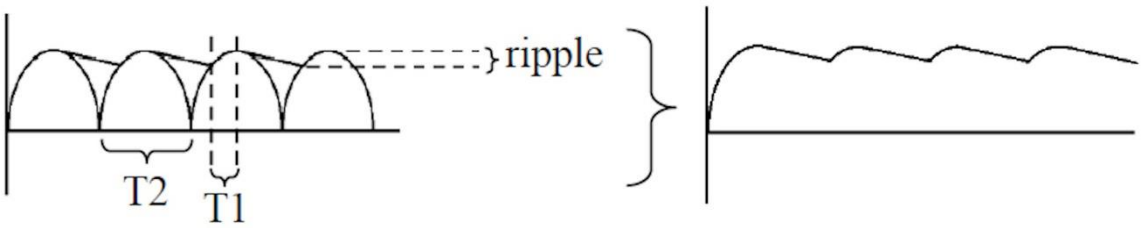


Görsel 5. AC giriş işareti ve bu işarete tam dalga doğrultma işlemi uygulandıktan sonra işaretin çıkış (*pozitif yarım dalga*) dalga şekli.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Vi'nin en büyük gerilim değeri, VAC'nin en büyük değerinin $\sqrt{2}$ katıdır[3]. VAC'nin en büyük değeri 265V kabul edilirse Vi'nin en büyük değeri 375V olacaktır. Yani primer tarafta görülecek en yüksek gerilim değeri 375V olacaktır.

[3]AN4137 datasheet.



Görsel 6. Tam dalga doğrultma işlemi uygulanan sinyalin kondansatör bağlantısından sonra oluşan dalga şekli.

$$\mathbf{Vi_{max}} = \sqrt{\mathbf{2}} \cdot \mathbf{V_{AC}} \qquad (41)$$

Trafonun primer tarafında görülecek DC gerilime yansıyan gerilim ($Vy = V_{RO}$) denir. Yansıyan gerilim denklem (42) ile hesaplanır. Yansıyan gerilime göre de dönüştürme oranı belirlenir.

Flyback dönüştürücülerde Duty Cycle oranı 0.1 ile 0.5 arasında seçilir (FSL137H datasheet). ($0.1 < D < 0.5$)

$$\mathbf{V_y} = \frac{\mathbf{D}}{\mathbf{1 - D}} \cdot \mathbf{Vi_{min}} \qquad (42)$$

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{V_y}}{\mathbf{V_2}} = \frac{\mathbf{N_p}}{\mathbf{N_s}} = \frac{\mathbf{I_S}}{\mathbf{I_P}} \qquad (43)$$

N= dönüştürme oranı.

En yüksek giriş akımı değeri:

$$\mathbf{I_i} = \frac{\mathbf{P_i}}{\mathbf{V_{AC(min)}}} \qquad (44)$$

Mosfetin drain ucunda görülecek gerilim:

$$\mathbf{V_{ds}} = \mathbf{Vi_{max}} + \mathbf{V_y} \qquad (45)$$

Devrede CS kondansatörü ve RS direncinden oluşan kısım snubber devresidir. Mosfet kesime girdiğinde mosfetin Drain ucu üzerinde aşırı gerilim yükselmesi olur. Bu gerilim yükselmelerinin mosfet ve sistem üzerinde arızalara yol açmaması için gerilimi sabit tutmak amacıyla devrede direnç (*RS*), kondansatör (*CS*) ve diyot (bu devrede FR107 kullanıldı) ile bir

snubber (sönümleme) devresi kurulur. Mosfetin drain ucunda görülecek en büyük gerilim ($V_{ds(nom)}$) değeri snubber gerilimi (Vs) ile $V_{i(max)}$ toplamı kadardır[3].

Devrede kullanılacak mosfetin seçimi bu gerilim değerinden büyük olacak şekilde seçilmelidir.

[3]AN4137 datasheet.

$$\mathbf{V_{ds(nom)} = Vi_{max} + V_s} \qquad (46)$$

Mosfet drain akımının en yüksek değeri denklem (48) ile hesaplanır[3]. Bu akım değeri aynı zamanda primer bobin akımıdır. Burada hesaplanacak akım ($I_{d(peak)} = I_L = I_P$) değeri mosfet sürücü entegresinin çalışabileceği tepe akımı (*sürücü kataloğunda peak current limit ya da drain current limit şeklinde verilir*) değerinden büyük olmamalıdır.

$$\mathbf{I_E = \frac{P_i}{Vi_{min} \cdot D}} \qquad \mathbf{\Delta I = \frac{Vi_{min} \cdot D}{L \cdot f_s}} \qquad (47)$$

$$\mathbf{I_{d(peak)} = I_E + \frac{\Delta I}{2}} \qquad (48)$$

Akımın tepe değeri, burada hesapladığımız $I_{d(peak)}$ akım değerinin en az %15 fazlası olarak alınır ve bu akım değeri **Io** ile ifade edilir[3].

fs, anahtarlama frekansıdır. Bu frekans değeri, kullanılacak sürücü entegresinin kataloğunda yazan değere göre belirlenir. Örneğin NCP1014 için anahtarlama frekansı 65kHz ya da 100kHz, FSL137H için ise 100kHz'dir. Anahtarlama frekansının değişimi ile çıkış gücünün değişimi doğru orantılıdır. Primer akımının rms değeri denklem (49) ile hesaplanır[3].

$$\mathbf{I_{d(RMS)} = \sqrt{\left[3 \cdot (I_E)^2 + \left(\frac{\Delta I}{2}\right)^2\right] \cdot \frac{D}{3}}} \qquad (49)$$

Sekonder akımının rms değeri aynı zamanda çıkış diyot akımının rms değeri denklem (50) ile hesaplanır[3].

V_F, çıkış diyotunun kataloğunda verilen forward gerilimidir.

V_O, çıkış gerilimidir.

$$\mathbf{I_{S(RMS)} = I_{d(RMS)} \cdot \sqrt{\frac{1-D}{D}} \cdot \frac{V_y}{V_o + V_F}} \qquad (50)$$

Flyback devrelerinde mosfet'in source ucu ile GND arasına bir direnç bağlanabilir. Bu direnç hassasiyet (R_{sense}) direnci olarak adlandırılır. Bu direnç üzerinden Flyback entegresine giriş

yapılarak akım kontrolü yapılır. Ancak bu direnç üzerinde güç kaybı olacağı için ve gürültü, sıcaklık vb. durumlardan etkileneceği için bu yöntem çok verimli olmayabilir.

[3]AN4137 datasheet.

Bu yüzden devre tasarımında kullanılacak entegre seçiminde bu direnç bağlantısı yapılmayan entegreler (*FSL137H, NCP1014 gibi*) seçmek daha iyi sonuç almayı sağlayacaktır.
Primer tarafı endüktansı (*L ya da Lm*)[3]:

$$\mathbf{L = \frac{R_L \cdot (1 - D)^2}{2 \cdot f_s} \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \frac{\eta \cdot (Vi_{min} \cdot D)^2}{2 \cdot P_i \cdot f_s \cdot rp}} \quad (51)$$

$$\mathbf{rp = \frac{\Delta I}{2 \cdot I_E}} \quad (52)$$

rp (*ripple*) değeri, DCM (*kesintili akım modu*) çalışma modunda 1 olarak alınır[3]. CCM (*sürekli akım modu*) çalışma modunda ise Universal Input için **0.25** ile **0.5** aralığında bir değer seçilir[3]. Seçilen bu değer $I_{d(peak)}$ akımıyla bağlantılı olduğu için ve $I_{d(peak)}$ akımına göre mosfet sürücü seçimi yapılacağı için, rp değeri seçimi bu unsurlar göz önüne alınarak belirlenir[3].

Kaçak endüktans (*LK*) değeri ise teorik olarak L değerinin **%1**'i ile **%3**'ü arasında bir değer olarak seçilir. Pratikte ise primer uçları kendi içinde sekonder uçları da kendi içinde kısa devre edildikten sonra primer tarafına anahtarlama frekansı uygulanarak ölçülür[3].

$$\text{Bobinde depolanan enerji} = \mathbf{\frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{d(peak)}} \quad (53)$$

I_O akım değeri de belirlendikten sonra trafo sarım oranları belirlenir. Bu işlem için öncelikle üzerine sarım yapılacak nüve belirlenir. Kullanılacak nüve, devrenin çıkış gücüne göre belirlenir. Nüve türleri El, EE, ETD, EER ve EPC şeklindedir. Çıkış gücüne göre kullanılabilecek nüve türler Çizelge 1'de verilmiştir. Nüve seçimi yapmadan önce, kullanılacak nüvenin kataloğundan da çalışma gücüne bakılmalıdır[3].

Çizelge 1. Flyback devresi çıkış gücüne göre kullanılabilecek (*67kHz anahtarlama frekansında 12V çıkış tek fazlı devre tasarımı için*) nüve türleri örnek Çizelgesu[3].

Çıkış Gücü	El	EE	EER	EPC
10W'a kadar	El19	EE10 EE16		EPC13 EPC17
10W-20W	El22	EE19		EPC19

20W-30W	El25	EE22	EER25.5	EPC25
30W-50W	El30	EE25	EER28	EPC30
50W-70W	El35	EE30	EER28L	
70W-100W	El40	EE35	EER35	
100W-150W	El50	EE40	EER40	

[3]AN4137 datasheet.

Primer tarafın minimum sargı sayısı (*tur sayısı*) denklem (54) ile hesaplanır[3].

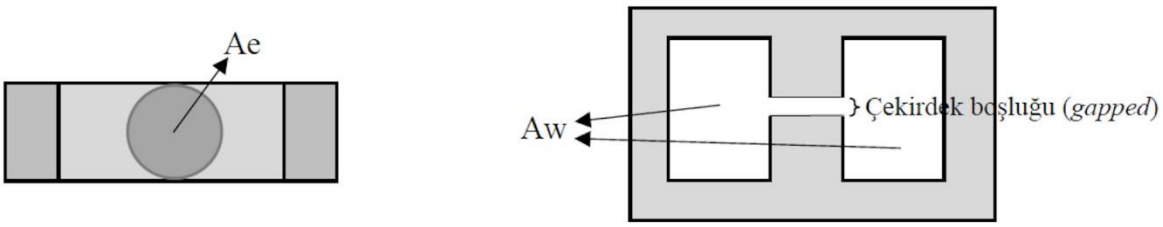
$$\mathbf{N_{p(min)} = \frac{L \cdot I_O}{B_S \cdot A_e} \cdot 10^6} \qquad \mathbf{(54)}$$

Sonuç tam sayı çıkmazsa ya da dönüştürme oranımızla (*N*) uyumlu bir sayı çıkmaz ise $N_{P(min)}$ değeri dönüştürme oranı ile orantılı bir üst sayıya yuvarlanır.

Örneğin dönüştürme oranı (*N*) 7 olsun, $N_{P(min)}$ değeri de 47.6 olsun. Bu durumda $N_{P(min)}$ değeri 49 olarak seçilebilir. Böylece dönüştürme oranından sekonder taraf sarım sayısı da (NS) tam sayı seçilmiş olacaktır.
Denklemde $\mathbf{B_S}$ değeri **0.3T** (*Tesla*) ya da **0.35T** alınır[3].

Ae (***effective cross sectional area of core***) değeri, nüvenin kesit alanını ifade eder ve değerine nüvenin kataloğundan bakılır (*Görsel 7*). Katalogda mm^2 olarak verilen bu değer hesaplamalarda m^2'ye çevrilerek işlem yapılır. (Örnek: $2mm^2 = 2 \cdot 10^{-6} m^2$)

Trafo için bir diğer önemli parametre de **Aw (*winding area*)** değeridir. Bu değer nüvedeki boşluk alanını (*pencere alanı*) ifade eder ve nüvenin kataloğunda mm^2 cinsinden verilir. Bu alan iletken telin sarılacağı alanı ifade eder. Tel sarımı yapıldıktan sonra bu alan içinde kalan boşluk soğumayı kolaylaştırır.
Seçilecek nüvenin gücü, $\mathbf{P_N = A_e \cdot A_w}$ denklemi ile hesaplanır.



Görsel 7. Ae ve Aw ifadelerinin nüve üzerinde gösterimi[7,8].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kabul akımı, 1mm2 kesitli iletkenden geçecek akım değerini ifade eder. Bu akım değeri 2A ile 8A arasında bir değer (*ilk tasarım aşamasında 5A seçilebilir*) seçilir. Yani kabul akımı 5A seçildiğinde 1mm2'den 5A akım geçecek şeklinde kabul edilir[3]. Primer tarafında kullanılacak iletkenin kesit alanının kaç mm2 olacağı $I_{d(RMS)}$ akımının kabul akıma bölünmesiyle bulunur. Sekonder taraf için ise $I_{S(RMS)}$ akımının kabul akımına bölünmesiyle bulunur[3].
Kesit alanı = $\pi \cdot r^2$ denkleminden yola çıkarak hesaplanan kesit alanı = $\pi \cdot r^2$'den r'yi çekerek kullanılacak iletkenin yarıçapı hesaplanır. $2 \cdot$ r ile de kullanılacak iletkenin çapı hesaplanır.

[3]AN4137 datasheet.
[7]https://www.es.co.th/Schemetic/PDF/FDK-FERRITE.PDF.
[8]http://www.shiruitech.com/Images/2010-11/2010110562659581.pdf.
Yani kesit alanı hesaplanan iletkenin çapı denklem (55) ile hesaplanır.

$$\mathbf{2 \cdot \sqrt{\frac{iletkenin\ kesit\ alanı}{\pi}}} \qquad (55)$$

Hesaplanan çap (emaye tel çapı) değeri standart bobin teli değerlerinden farklı bir değer çıkarsa, hesaplanan değere en yakın bir üst değere yuvarlanır ve bu değere göre $\pi \cdot r^2$ ile kesit alanı tekrar hesaplanır.

Toplam kesit alanı:

$$\mathbf{A_C = (N_P \cdot primer\ tel\ kesit\ alanı) + (N_S \cdot sekonder\ tel\ kesit\ alanı)}$$

ile hesaplanır[3].

İletken çapları standart değerlerde üretilir. İletken çapının kalın olması durumunda kalın ve tek damarlı iletken yerine hesapladığımız iletkenin kesit değerini verecek şekilde iki ya da üç damarlı ince bobin iletken de kullanılabilir.

Örneğin: $I_{S(RMS)}$ değeri 1.5A olsun. Kabul akımımız da 5A olsun. Bu durumda iletkenin kesit alanı 0.3mm^2, iletken çapı da 0.62mm bulunur. Bu iletken çapının nüve için kalın olması durumunda çapı 0.4mm olan iletken kullanımına gidilebilir. 0.4mm iletken kullanılması durumu için işlemleri tersten yaparak iletken kesiti hesaplanırsa 0.1256mm^2 bulunur. Yani yaklaşık 0.13mm^2 olur. İlk durumda iletken çapını 0.3mm^2 hesaplandığına göre iletken 2 damarlı ($0.13mm^2 \cdot 2 = 0.26mm^2 \approx 0.3mm^2$) 0.4mm çaplı seçilebilir.

Hesaplama yapılırken nüvenin soğuma durumu da göz önüne alınmalıdır. Yani sarım yapıldıktan sonra nüve içinde bir miktar boşluk kalacak şekilde nüve seçimi yapılır.

Sarım için gerekli pencere alanı **AWR** ile ifade edilir. AWR alan hesabı yapılarak nüvenin doğru seçilip seçilmediği, başka bir değişle sargıların nüveye sığıp sığmayacağının kontrolü yapılır[3].

$$\mathbf{A_{WR} = \frac{A_C}{K_F}} \quad (mm^2) \qquad (56)$$

Nüve üzerine bobin sarıldıktan sonra pencere alanında (*A_W üzerinde*) dolduracağı alan yüzde olarak KF ile ifade edilir. **KF**, sarım faktörü olarak adlandırılır ve değeri **0.2** ile **0.3** arasında (*genel kabul 0.25'tir*) bir değer olmalıdır[3].

$A_W > A_{WR}$ şartı sağlanıyorsa uygun nüve seçimi yapılmış demektir. $A_{WR} > A_W$ olması durumunda farklı bir nüve seçilmelidir.

[3]AN4137 datasheet.

Buradan trafo sarımı için şöyle bir sonuç çıkar:

- Primer taraf için: N_P, primer tur sayısı.

$I_{d(RMS)}$ akımının kabul akıma bölünmesiyle iletken kesiti belirlenir.
Kesit hesabından sonra da iletkenin çapı ve kaç damarlı olacağı belirlenir.

- Sekonder taraf için: $N_P \div N$ ile sekonder tur sayısı hesaplanır.

$I_{S(RMS)}$ akımının kabul akıma bölünmesiyle iletkenin kesiti belirlenir.
Kesit hesabından sonra da iletkenin çapı ve kaç damarlı olacağı belirlenir.

Snubber devresinin gerilimi (*V_S*), yansıyan gerilim (*Vy*) değerinin **2** ya da **2.5** katı kadar bir değer olarak seçilir. Snubber devresi için devrede kullanılacak kondansatör (*C_2*) ve direnç (*R_1*) değerleri ile snubber gücü denklem (57) ve denklem (58) ile hesaplanır[3].

$$\mathbf{P_s = \frac{1}{2} \cdot f_s \cdot L_K \cdot (I_{d(peak)})^2 \cdot \frac{V_s}{V_s - V_y} = \frac{V_S^2}{R_S}} \quad \mathbf{(57)}$$

$$\mathbf{C_2 = \frac{V_S}{\Delta V_S \cdot R_S \cdot f_S}} \quad \mathbf{(58)}$$

Δ**Vs**, snubber kondansatörü dalgalanma oranıdır. Dalgalanma oranı snubber geriliminin (*V_S*) **%5** ile **%10**'u arasında istenilen bir değer seçilir.

Çıkış tarafında kullanılan diyot Schottky diyot (*SB360, SB560, SB3200, SS120, MBR1060, MBR1660*) ya da ultra fast diyot olmalıdır. Seçilecek diyot çıkış gerilimine dayanacak şekilde seçilmelidir.

Çıkış tarafında görülen diyotun katot ucuna gelecek gerilim değeri $\mathbf{V_2 + V_0}$ ile hesaplanır[3]. V_O gerilimi belirlenen çıkış gerilim değeridir. V_2 gerilimi de giriş geriliminin en büyük değerine

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

göre belirlenir. Giriş geriliminin en büyük değeri 375V'dir. Dönüştürme oranı da N olduğuna göre $V_2 = 375 \div N$'dir. Seçilecek diyotun dayanma gerilimi bu gerilim değerinin en az 2 katı olacak şekilde seçilmelidir ki gerilim dalgalanması olması durumunda zarar görmesin.

Çıkış gerilimini 24V, çıkış gücünü de 24W kabul edersek devre akımı 1A olur. Yani çıkış diyotu (D_i) üzerinden teoride 1A akım (I_D) akacaktır. Diyot seçimi, diyot üzerinden geçen akıma ve bu akıma göre diyot üzerinde oluşacak forward gerilim (V_F) değeri de diyot seçiminde göz önüne alınmalıdır. Akıma göre diyot üzerinde oluşacak forward gerilim (V_F) değerine diyotun kataloğundan bakılır.

Diyot üzerinde akan akım ile V_F değerinin çarpımı diyot üzerinde oluşacak kayıp gücü ($P_{LOSS} = I_D \cdot V_F$) verir. Kayıp güç ısı olarak açığa çıkar. Diyotun kataloğunda yazan watt başına oluşan sıcaklık değerini ifade eden R_{QJA} değeri ile kayıp gücü çarpıldığında ($R_{QJA} \cdot P_{LOSS}$) diyotun jonksiyon sıcaklığı elde edilir.

Hesaplanan jonksiyon sıcaklık değeri ile ortam sıcaklığı (T^oC) değerleri toplandığında diyotun ulaşacağı sıcaklık ($\Delta t = R_{QJA} \cdot P_{LOSS} + T^oC$) değeri elde edilir. Bu sıcaklık değerinin diyotun çalışma sıcaklığından (T_J, T_{STG}) büyük olmamasına dikkat edilmelidir. Diyot seçimi yaparken bu kriter de göz önünde bulundurulmalıdır.

Kullanılacak diyotun ters toparlanma süresi de (*trr*) önemli bir parametredir. Diyot kesime girdikten sonra tekrar iletime geçmesi için trr süresi kadar beklenmelidir. Aksi halde zamanla özelliğini kaybetmeye başlayacaktır. Schottky diyotların trr değeri yoktur. Ultra-fast diyotların trr değeri ise nanosaniye mertebelerindedir. Bu sebeple devrelerde schottky ya da ultra fast diyot kullanılır.

Diyot çıkışındaki devrede kondansatörler (C_3 *ve* C_4) gerilim dalgalanmalarını, bobin (L) ise akım dalgalanmalarını sönümler.

Çıkış kondansatörü (C_3) çıkış kondansatör akımına göre belirlenir. Kondansatör üzerine gelecek akımı karşılayacak bir kondansatör seçilmelidir. Kullanılacak kondansatörün kapasitesi büyük, ESR değeri düşük olan bir kondansatör (*470uF 50V gibi*) seçilmelidir. Kondansatör üzerine gelecek akım değeri denklem (59) ile hesaplanır[3].

$$I_{C3} = \sqrt{I_{S(RMS)}{}^2 - I_{out}{}^2} \qquad (59)$$

Çıkışta LC filtre devresinin (C_4 *ve* L) değeri çalışma frekansına (*fs*) göre belirlenir. LC filtrenin değeri çalışma frekansının yaklaşık 0.01'i kadar bir değer seçilir. f_S'nin 0.01'ine f_f dersek LC değeri denklem (60) ile hesaplanır[3].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$f_f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (60)$$

3. SONUÇ

Bu çalışmada Buck, Boost, Buck-Boost ve Flyback DC-DC dönüştürücü devre çalışmaları anlatılmış ve devre yapıları hakkında bilgiler sunulmuştur, ayrıca bu devrelerin güç değerlerine göre trafo tasarımı da anlatılmıştır. Çalışmalarda öngörülemeyen değerler için artı yüzde yirmi güç toleransı eklenerek gerçek değerler elde edilmiştir. Anlatılan devre yapıları ve tasarım hesapları temel devre yapısına göredir. Denklemler devrenin sürekli çalışma modunda (*CCM*) kabulüne göre elde edilen denklemlerdir. Devrelerin çalışacağı ortamın gürültü durumuna göre girişine ya da çıkışına EMI filtre devreleri eklenmesi gerekebilir. Bu durumda, devreye eklenecek yeni elemanlara göre devre analizi yapılarak devre en sade (*devrenin girişine eleman eklenirse giriş tarafı, çıkışına eklenirse çıkış tarafı*) şekle dönüştürülerek hesaplama işlemleri yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

1. AN4137 datasheet.

2. B. Axelrod, Y. Berkovich and A. Ioinovici, "Switched-Capacitor/Switched-Inductor Structures for Getting Transformerless Hybrid DC–DC PWM Converters," in IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, vol. 55, no. 2, pp. 687-696, March 2008, doi: 10.1109/TCSI.2008.916403.

3. D.W. Hart, Power Electronics, McGraw Hill, 2011.

4. E. Koutroulis and K. Kalaitzakis, "Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 53, no. 2, pp. 486-494, April 2006, doi: 10.1109/TIE.2006.870658.

5. FSL137H datasheet.

6. H. Bodur, Güç Elektroniği, Birsen Yayınevi, 2010.

7. How to Design Flyback Converter With LM3481 Boost Controller, Texas Instruments.

8. Marrapu, S. H. N., & Rathinadurai Louis, J. (2024). Design and analysis of soft-switching isolated step-up/down DC–DC converter for fuel cell vehicles and EV battery charging applications. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 46(1), 17–38. https:// doi.org/ 10.1080/15567036.2024.2370338

9. M. H. Rashid, Güç Elektroniği: Yarıiletken Elemanlar, Devreler ve Uygulamaları, 2016.

10. M. N. Kheraluwala, R. W. Gascoigne, D. M. Divan and E. D. Baumann, "Performance characterization of a high-power dual active bridge DC-to-DC converter," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 28, no. 6, pp. 1294-1301, Nov.-Dec. 1992, doi: 10.1109/28.175280.

11. M. Veerachary, "Two-Switch Semiquadratic Buck Converter," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 64, no. 2, pp. 1185-1194, Feb. 2017, doi: 10.1109/TIE.2016.2611571.

12. NCP1014 datasheet.

13. N. Manimaran, J. Baskaran, K. Padmanathan, G. Mahalakshmi, A Buck-Boost-Flyback integrated converter for grid-connected wind-photovoltaic battery energy storage system using hybrid optimization assisted model, Journal of Energy Storage, Volume 104, Part B, 2024, 114484, ISSN 2352-152X, https://doi.org/10.1016/j.est.2024.114484.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235215X24040702)

14. R, A., & C, B. (2024). A non-isolated converter of switching current stress in DC-DC converter for integrating PV and battery storage system. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 46(1), 1–29. https://doi.org/10.1080/15567036.2024.2417780

15. T. Dragičević, X. Lu, J. C. Vasquez and J. M. Guerrero, "DC Microgrids—Part I: A Review of Control Strategies and Stabilization Techniques," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 7, pp. 4876-4891, July 2016, doi: 10.1109/TPEL.2015.2478859.

16. U. Dey and M. Veerachary, "Two-Part Controller Design for Switched-Capacitor Based Buck–Boost Converter," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, doi: 10.1109/TIE.2024.3485719.

17. A. Gün and A. Karamancıoğlu, “PID Control of an Inverted Pendulum with Experimental Friction Model Estimation”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 21, no. 5, pp. 1078–1085, 2021, doi: 10.35414/akufemubid.893694.

İNTERNET KAYNAKLARI

18. https://www.es.co.th/Schemetic/PDF/FDK-FERRITE.PDF
(Erişim tarihi: 20.11.2024)

19. http://www.shiruitech.com/Images/2010-11/20101105626595 81.pdf
(Erişim tarihi: 07.07.2024)

20. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775312003953
(Erişim tarihi: 22.12.2024)

21. www.allaboutcircuits.com
(Erişim tarihi: 18.11.2024)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PI SLIDING MODE CONTROL FOR CUK CONVERTER AND THEIR TUNING USING CHEETAH OPTIMIZER AND REINFORCEMENT LEARNING

Asst. Prof. Murat Erhan ÇİMEN[1]

[1] Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Technology,

muratcimen@subu.edu.tr -https://orcid.org/0000-0003-4290-2718

ABSTRACT

In recent years, there has been a growing focus on developing new methods for the efficient utilization of renewable energy sources. This study investigates the control of the CUK converter, a type of DC-DC converter that regulates and amplifies constant DC voltage. The main contribution of this research is the integration of a novel approach based on the Cheetah optimizer and the Deep Q-Network (DQN) algorithm to enhance the control performance of the CUK converter. The study is conducted in two stages. First, the parameters of the Proportional-Integral (PI) sliding mode controller for the CUK converter are optimized using the Cheetah optimizer. This step aims to minimize Integral Squared Error (ISE) performance criterion, ensuring a more accurate control system. Next, a weighting factor (denoted as φ) is introduced to further refine the optimization process by modifying the Ki parameter from the optimized Kp and Ki values. This weighting factor is determined through the DQN algorithm, which is employed to improve the performance of the PI controller even further. Simulation results demonstrate that the proposed method, which combines Cheetah optimization for PI controller tuning and DQN-based weighting factor adjustment, significantly improves the dynamic response of the CUK converter. Specifically, the system achieves a faster response time and a better performance in terms of the ISE criterion. This hybrid approach offers a promising solution for enhancing the control of DC-DC converters in renewable energy applications.

Keywords: Cuk Converter, DQN, Cheetah Optimizer

1. INTRODUCTION

Electrical energy is one of the cornerstones of modern society and plays an indispensable role in our daily lives. Growing energy demand around the world is creating new challenges for energy production and consumption. Our dependence on fossil fuels increases greenhouse gas emissions that lead to environmental degradation and climate change. Therefore, it is extremely important to turn to renewable energy sources for a sustainable future [1], [2], [3], [4]

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Solar energy systems have an important place among renewable energy sources. Converting solar energy into electricity using photovoltaic (PV) panels holds promise for clean and sustainable energy production [1], [5]. However, the efficiency of PV panels is affected by factors such as radiation level, temperature and load impedance. Therefore, Maximum Power Point Tracking (MPPT) systems are used to obtain maximum power from PV systems [1], [2].

The CUK converter is a high-performance DC-DC converter and is widely used for MPPT applications in PV systems [2], [6], [7]. The advantages of the CUK converter include the output voltage can be higher or lower than the input voltage, continuous input and output currents. An effective control system design is crucial for efficient and reliable operation of the CUK converter [6], [7].

Converter control is performed to regulate and maintain the output voltage at the desired level (Saha et al., 2024). For this purpose, various control strategies such as traditional control methods (e.g., PI control, sliding mode control) and modern control methods (e.g., artificial neural networks (ANN), model predictive control (MPC), fuzzy logic, adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) control) are used [7], [8], [9], [10], [11], [12]

One of the metaheuristic optimization methods proposed in recent years is the Cheetah optimizer[1], [13], [14]. This paper presents Cheetah optimizer based approach for the control of the CUK converter. The Cheetah optimization algorithm is a recently developed meta-heuristic optimization algorithm inspired by the hunting strategies of cheetahs. This algorithm, which consists of three main stages: search, observation and attack, has the potential to produce effective results in solving complex problems [1], [14]. Cheetah optimization algorithm has been applied to various engineering problems in the literature and successful results have been obtained. For example, it has been used in areas such as MPPT in PV systems, power distribution network reconfiguration and multi-objective optimization problems [1] .

Reinforcement learning (RL) is a machine learning paradigm that enables an agent to learn an optimal policy by interacting with an environment and learning to maximize the rewards it receives [8], [15], [16]. In recent years, RL has been used in the field of power electronics control, especially to improve the control performance of DC-DC converters. RL offers several advantages over conventional control methods[17]. For example, it does not require accurate modeling of system dynamics and can adapt to changing operating conditions [8].

The Deep Q-Network (DQN) algorithm is a widely used algorithm in the field of RL. DQN is a value-based RL algorithm that estimates Q-values using deep neural networks [18]. The DQN algorithm has been successfully applied in various fields such as game playing, robotics control and power electronics control [19], [20].

This study aims to optimize the PI controller parameters of the CUK converter according to the Integral Squared Error (ISE) performance criterion with the Cheetah optimizer and then further improve the ISE performance criterion by weighting the Ki parameter from these optimized Kp

and Ki parameters with the DQN algorithm. Although there are no specific studies on the application of the DQN algorithm to CUK converter control in the literature, the use of RL and DQN in power electronics control highlights the importance and potential benefits of this study.

The results of the study show that the proposed approach significantly improves the control performance of the CUK converter and produces successful results in terms of the ISE performance criterion.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Cuk Converter

Cuk converter, one of the DC-DC amplifier circuits, consists of 2 coils, 2 capacitors, diode, switching element, DC voltage source and load. The general structure of the circuit is given in Figure 1. In order to model and control the CUK circuit, circuit equations were generated depending on whether the switch is open or closed. According to the generated circuit equations, the current flowing through coil L1 is given in equation 1, the current flowing through coil L2 is given in equation 2, the voltage of capacitor Vc1 is given in equation 3 and the voltage of capacitor Vc2 is given in equation 4 [2], [6].

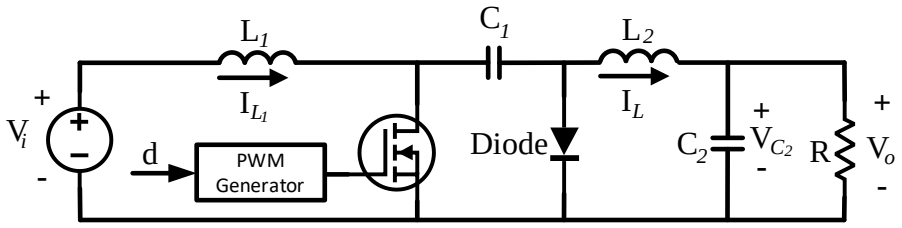


Figure 1. CUK Converter

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L_1}\left(V_i - (1-d)V_{C_1}\right) \quad (1)$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{1}{L_2}\left(-V_{C_1}d - V_{C_2}\right) \quad (2)$$

$$\frac{dV_{C_1}}{dt} = \frac{1}{C_1}(-i_2 d - i_1(1-d)) \quad (3)$$

$$\frac{dV_{C_2}}{dt} = \frac{1}{C_2}\left(i_2 - \frac{V_{C_2}}{R}\right) \quad (4)$$

2.2. Sliding Mode Control

In order to control the CUK converter in a more stable and robust way, the controller design is realized with the sliding mode control method from nonlinear controllers[9]. For this, equation 5 is first generated as the Lyapunov energy (V) equation. In Equation 5, the sliding surface is squared. The derivative of the energy function is taken and the condition that its derivative is always zero or smaller is imposed. Then the surface design was made in equation 6. When the derivative of the surface is taken in Equation 7, the control signal required to be applied when V=0 is calculated. When it leaves this equilibrium point, the expression $-ksign(S)$ is added so

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

that it can stay at the equilibrium point again and it is ensured to move continuously on the surface [9], [11].

$$V = \frac{1}{2}s^2 \rightarrow \dot{V} = s\dot{s} \leq 0 \quad (5)$$

$$s = e = i_{L_2} - i_{L_2}^* = x_1 - x_1^* \quad (6)$$

$$\dot{s} = \dot{x}_1 - i_{L_2}^* = \dot{x}_1 - 0 = \frac{1}{L_1}(V_i - (1-d)x_3) = 0 \rightarrow d_{eq} = 1 - \frac{V_{in}}{x_3} \quad (7)$$

$$d = -ksign(S) + d_{eq} \quad (8)$$

2.3. PI Sliding Mode Control

After the sliding mode control of the CUK converter is completed, a PI controller is designed to control the voltage at the output of the system and to reset the steady state error. The general structure of the PI controller is given in equation 9. In addition, the PI Sliding mode control structure of the CUK converter is given in Figure 2 [9].

$$PI(s) = G_c(s) = \frac{i_{L_2}^*(s)}{e(s)} = K_p + K_i\frac{1}{s} \quad (9)$$

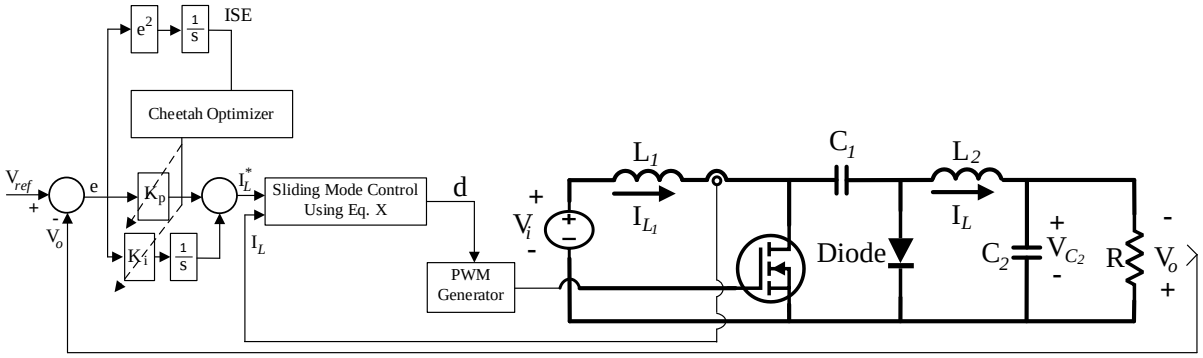


Figure 2. PI Sliding Mode Control of Cuk Converter

2.5 Cheetah Optimizer

The algorithm's primary goal is to locate a prey solution and hunt it by updating the prey's position. The hunting process comprises four steps: searching, sitting and waiting, attacking, and leaving the prey to return home [1], [14].

Searching Phase

Cheetahs typically scan their surroundings either by remaining stationary in a location where prey is likely to be spotted or by actively traversing a d-dimensional search space [1], [14]. The cheetah population, denoted as n, is dispersed throughout various stages of the hunting process, and each prey's location is represented by the optimal decision variable value. In this step, the position of cheetah i is determined by utilizing its current position, denoted as $X_{i,j}^t$ in arrangement j, along with a randomized variable $\hat{r}_{i,j}^{-1}$, and step length $\alpha_{i,j}^t$. The variable t represents the current hunting time and falls within the range of 0 to the maximum hunting time (T_{max}). The value of α fluctuates based on the distance between the current cheetah (leader) and

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

its neighboring cheetah. Should a competitor emerge, the leader may opt to run swiftly and alter its direction. Mathematically, α for the leader is calculated using $\alpha_{i,j}^{t} = 0.001^{t}/_{T_{max}}$. For other members, $\alpha_{i,j}^{t}$ in each cheetah's arrangement is calculated by multiplying the distance between the position of cheetah *i* and a randomly selected cheetah. The position of cheetah *i* is updated as shown below in Equation 10:

$$X_{i,j}^{t+1} = X_{i,j}^{t} + \hat{r}_{i,j}^{-1}\alpha_{i,j}^{t} \quad 10$$

Sitting-and-Waiting Phase

Upon identifying a prey, cheetahs assess it based on various factors, including the surrounding environment and their distance from the prey [1], [14]. The cheetah remains stationary and observes the prey until it moves closer. The cheetah's position, represented by $X_{i,j}^{t+1}$, remains unchanged from its position at $X_{i,j}^{t}$. Mathematically, this can be expressed as Equation 11.

$$X_{i,j}^{t+1} = X_{i,j}^{t} \quad 11$$

In this step, the positions of all cheetahs are not updated simultaneously as they search for an improved solution. This approach helps prevent premature convergence [1], [14].

Attacking Phase

To initiate an attack, a cheetah leverages its high speed and agile physique to swiftly move and intercept the prey [1], [14]. The subsequent positions of cheetah i are situated in proximity to the prey's last recorded position. The cheetah's position is determined using the prey's current position, denoted as $X_{B,j}^{t}$, $\check{r}_{i,j}$, and step size $\beta_{i,j}^{t}$.

$$X_{i,j}^{t+1} = X_{B,j}^{t} + \check{r}_{i,j}\beta_{i,j}^{t} \quad 12$$

where $\check{r}_{i,j}$ is the turning factor with respect to the prey. $\beta_{i,j}^{t}$ represents the interaction factor between cheetahs and is calculated as the difference between a neighboring cheetah's current position and the current position of the ith cheetah. The interaction factor is employed to modify the position of the ith cheetah in response to the presence of the leader, nearby cheetahs, and the prey. $\check{r}_{i,j}$ is a randomized variable and is calculated as shown in Equation 9:

$$\check{r} = r^{e^{(0.5r)}} sin(2\pi r) \quad 13$$

The variable r denotes a random number within a normal distribution and is utilized to represent the abrupt changes in a cheetah's path as it pursues and captures its prey [1], [14].

Leaving-prey-and-returning-home Phase

If an attack proves unsuccessful, cheetahs retreat to their home base to conserve energy before embarking on a new hunt [1], [14]. The position of cheetah i is adjusted to match the prey's current position, denoted as $X_{B,j}^{t}$.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$X_{i,j}^{t} = X_{B,j}^{t} \quad 14$$

The leader's position is designated as the position of the most optimal solution. Subsequently, the hunting time, denoted as t, and the positions of the remaining cheetahs are reset.

The improved functional value of updated solutions during the optimization process is a testament to the greedy selection method employed by Cheetah Optimizer. In this process, solutions with inferior objective values are substituted with superior ones, and solutions sharing identical objective values are replaced with randomly generated solutions. Algorithm 1 provides a representation of the cheetah optimization algorithm [1], [14].

Algorithm 1. Pseudocode of Cheetah Optimizer

Set the population size nnn and define the optimization problem with dimension D.
Initialize the cheetah population (X_i) and evaluate each individual using F(X_i)
Set up the leader solution, prey solutions, and the home position.
Set maximum hunting time T, maximum iterations T_{max}, current iteration it = 1 and current hunting time t = 0
While it< T_{max}
Randomly select m cheetahs such that 2≤m≤n
For i=1:m
Identify a neighboring cheetah for cheetah i
For j=1:D
Generate a random number r
Compute $\check{r}$ using Equation 13
Calculate α, β
$H = e^{2\left(1-\frac{t}{T}\right)}(2r_1 - 1)$
Generate random numbers r_1, r_2, r_3
if $r_2 \leq r_3$
Generate a random number r_4 from the inverval [0, 3]
if $r_4 \leq H$
Execute equation 10
else
Execute equation 12
End If
else
Execute equation 14
End If
End For
Update prey solutions for cheetah i and leader
End For
t=t+1
If (t>rand()*T)and(there is no change in the leader's position)
Replace cheetah i with a prey position based on Equation 14 and update the leader's position.
Execute the "leave prey and return home" strategy

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

		Reset the hunting time t=0
	End if	
	Increment the iteration it	
	Update the global best (prey) position	
End while		

2.4. Reinforcement Learning

Reinforcement Learning (RL) is a branch of artificial intelligence that enables an agent to learn optimal decisions through interaction with its environment [15], [16], [21], [22]. By receiving rewards or penalties after each action, the agent gradually learns to understand its surroundings better. The goal of RL is for the agent to learn actions that maximize cumulative rewards, ultimately developing a strategy that achieves the highest long-term reward. Unlike traditional supervised learning methods, which focus on predicting future states of a system, RL emphasizes selecting actions that lead to the best possible outcomes.

The key components of reinforcement learning are the agent, environment, actions, states, and reward signal[21]. The agent selects an action at each step, affecting the environment, and evaluates its performance based on feedback from the environment (rewards/penalties). For example, a robot performing a specific task evaluates its success based on the rewards it receives. To maximize rewards, the agent develops long-term strategies and continuously interacts with its environment[23]. This structure is generally shown in Figure 3.

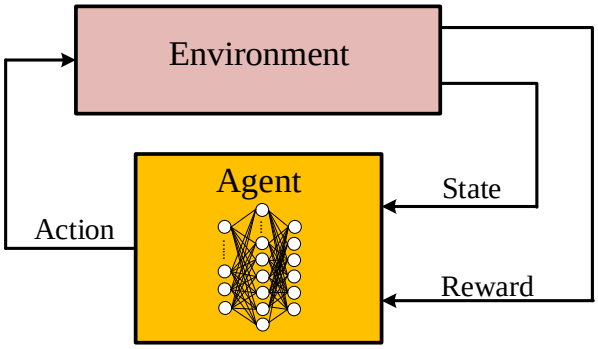


Figure 3. Agent and Environment interaction

The Deep Q-Network (DQN) is a significant advancement in reinforcement learning, combining the traditional Q-learning algorithm with deep learning techniques [24]. In standard Q-learning, an agent learns to estimate the value of actions taken in specific states, known as "Q-values," which represent the expected cumulative reward for each action in a given state. However, in environments with large or continuous state spaces, storing and updating Q-values in a table becomes computationally prohibitive, leading to scalability challenges [23].

DQN addresses this limitation by using deep neural networks to approximate the Q-values instead of relying on a lookup table. A deep neural network is trained to map states (or state-action pairs) to their corresponding Q-values, enabling the agent to make decisions in high-dimensional and complex environments. This approach allows the agent to generalize across similar states, making it highly effective in dynamic and continuous environments.

One of the key strengths of DQN is its ability to handle large state spaces and complex decision-making tasks. This capability was famously demonstrated in the domain of Atari

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

games, where DQN achieved human-level performance on several games by learning directly from raw pixel inputs. DQN employs two important techniques to stabilize and improve the learning process: experience replay and target networks [25].

Experience replay allows the agent to store and reuse past interactions by sampling them randomly during training. This approach helps break the correlation between consecutive experiences, reducing the variance of updates and improving the efficiency of learning. Additionally, target networks are used to further stabilize learning. DQN mitigates this by maintaining a separate target network, a copy of the main network, which is updated less frequently. This slows down the changes in the Q-values, leading to more stable convergence. DQN has been successfully applied in various domains beyond games, including robotics and autonomous systems, where complex decision-making in high-dimensional spaces is required [23], [24], [26].

The deep neural networks in the DQN algorithm are updated iteratively, as shown in Equation 15, where θ represents the parameters of the artificial neural networks. This equation consists of two components: Target and Prediction parts. The prediction part represents the value generated by the agent based on its current state and selected action, as outlined in Equation 16. The target part, on the other hand, denotes the estimated value of the future state, as described in Equation 17. The objective is to minimize the cost function defined in Equation 18. To achieve this, the gradients of the cost function with respect to the neural network parameters are computed, leading to Equation 19. The weights of the network are updated based on these gradients. Since deep learning techniques are employed in this framework, it is referred to as the Deep Q-Learning algorithm[24], [26]. The pseudocode of the DQN algorithm is presented in Algorithm 1.

Algorithm 1. Deep Q learning Algorithm

Initialize replay memory D and set the update step number C		
Initialize the action-value function $\tilde{Q}(s,a\|\theta)$ with random weights.		
Initialize the target value function $Q(s',a'\|\theta_i)$ with specified parameters (θ)		
For iter=1:M		
	Initialize the state s_0 in the environment and set done=False	
	While done==False	
		Select an action $\boldsymbol{a_t}$ using the epsilon-greedy policy.
		Execute action $\boldsymbol{a_t}$ in the environment and observe the next state $\boldsymbol{s_{t+1}}$, reward $\boldsymbol{r_t}$, and whether the episode is done.
		Store the transition (s_t, a_t, s_{t+1}, r_t) in the replay memory D
		$\hat{y} = \begin{cases} \boldsymbol{r_t} & done = True \\ \boldsymbol{r_t} + \gamma \max_{a' \in A} \left(Q(s',a'\|\theta_i)\right) & else \end{cases}$
		To minimize the loss function, compute Equation 18 and update the parameters of the Q-network.
		Every C step, update the target network $\hat{Q} = \tilde{Q}$
	End while	
End For		

$$Q(s,a) = Q(s,a) + \alpha\left(r + \gamma \underset{a' \in A}{max}\left(Q(s',a')\right) - Q(s,a|\theta)\right) \quad 15$$

$$\hat{y} = Q(s,a|\theta) \quad 16$$

$$\tilde{y} = r + \gamma \underset{a' \in A}{max}\left(Q(s',a')\right) \quad 17$$

$$L_i(\theta_i) = E_{s,a,r}\left[\left(\tilde{y} - Q(s,a|\theta)\right)^2\right] \quad 18$$

$$\frac{dL_i(\theta_i)}{d\theta_i} = \nabla_{\theta_i} L_i(\theta_i) = E_{s,a,r,s'}\left[r + \gamma \underset{a' \in A}{max}\left(Q(s',a'|\theta_i)\right) - Q(s,a|\theta_i)\right] \nabla_{\theta_i} Q(s,a|\theta_i) \quad 19$$

2.6 PI parameter Optimization of Cuk Converter

There are many methods used in PI controller design such as Zeigler Nicholds, Amigo, pole assignment. In addition to these designs, optimization-based controller designs are also performed. In order to use optimization, an objective criterion or performance criterion must be determined. In this study, Integral square error is preferred as the performance criterion. This value is calculated as in equation 20. In practice, it is calculated as in Figure 4. Cheetah optimizer method used in the study tries to minimize the ISE performance criterion during the run time by optimizing both the Kp parameter and the Ki parameter of the PI controller.

$$ISE = \int_0^{T_s} e^2 dt = \int_0^{T_s} \left(V_{ref} - V_o\right)^2 dt \quad 20$$

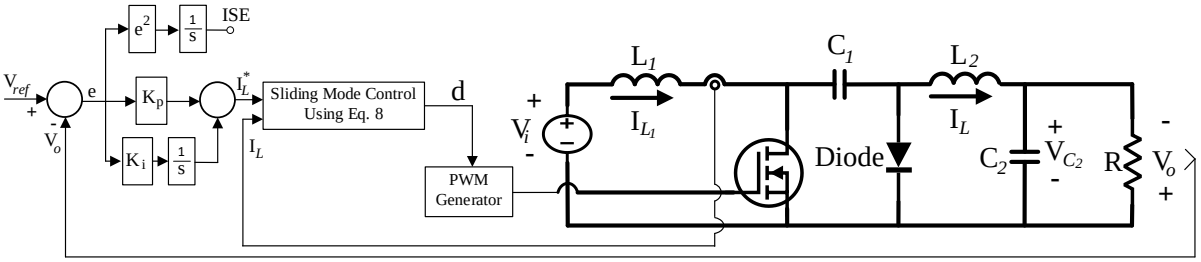


Figure 4. PI parameter optimization using cheetah optimization for Cuk Converter

For the adaptation of Cheetah Optimizer to this problem to determine the Kp and Ki parameters, the number of members used was chosen as 10 and the maximum number of iterations was 6000. In addition, the simulation was run for 0.25 seconds each time to calculate the ISE performance criterion.

2.5. Integration of Reinforcement Learning to PI Sliding Mode Control of Cuk Converter

The general framework created for the application of CUK Converter is given in Figure 4. As seen in Figure 4, action values are applied to the environment. This is the φ value, which is the parameters multiplied with K_i. According to this value, the Environment produces states and reward values. The generated values are taken by the agent again and the learning process is performed. In addition, the action value is produced according to the relevant situation and applied to the environment again. The states used in this environment are given in equation 21.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Actions are calculated in equation 22, the reward value is calculated in equation 23 and the done value is calculated as in equation 24.

$$State = \left[e_k, \frac{(z-1)}{T_s z} e_k, \frac{T_s}{z-1} e_k, \varphi z^{-1}, V_{ref}\right] \quad 21$$

$$Action = \varphi \quad 22$$

$$Reward = \begin{cases} -1 & ISE > ISE_rl \\ 1 & ISE \leq ISE_rl \end{cases} \quad 23$$

$$done = \begin{cases} 1 & Vo > 150 \\ 0 & else \end{cases} \quad 24$$

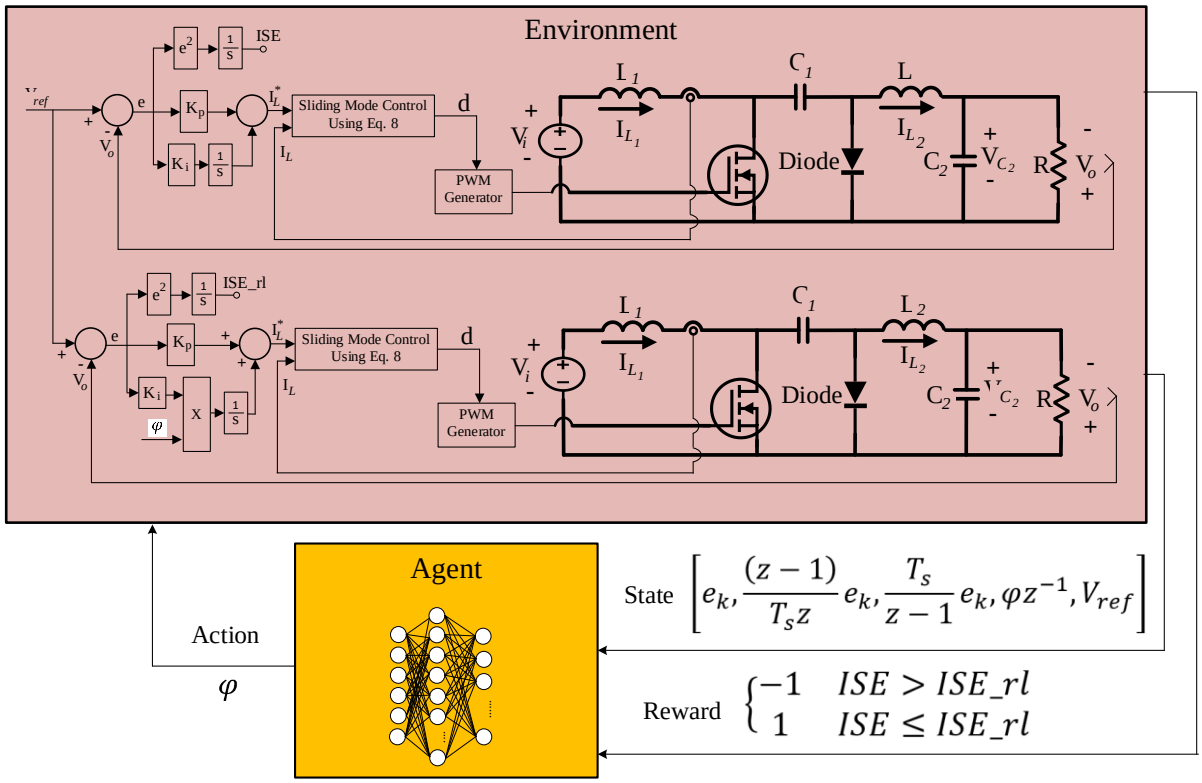


Figure 4. DQN implementation diagram of PI Sliding Mode Control of Boost converter environment

In the application, the parameters of the Cuk converter in the Environment are given in Table 1. The state and action values and ranges designed for the Environment are given in Table 2.

Table 1. Parameters Boost Converter

Component	Symbol	Value	Unit
Resistor	R	6	Ω
Inductor	L_1	$5x10^{-6}$	Henry
Inductor	L_2	$5x10^{-6}$	Henry
Capacitor	C_1	$47x10^{-6}$	Farad
Capacitor	C_2	$1x10^{-6}$	Farad
Switching Frequency	-	10000	Hz

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Table 2. Action Space Ranges of Environment

	Parameter	Ranges
Action	φ	0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.25, 1.3, 1.35, 1.4, 1.45, 1.5
State	e_k	-inf, inf
	$\frac{(z-1)}{T_s z} e_k$	-inf, inf
	$\frac{T_s}{z-1} e_k$	-inf, inf
	$e_{k-1} - e_{k-2}$	-inf, inf
	φz^{-1}	-inf, inf
	V_{ref}	-inf, inf

The DQN parameters used in reinforcement learning and the parameter values used for training are given in Table 3.

Table 3. DQN Parameters

Parameters	Parameter Value
Number of Layer	1000
Learning Rate	10^{-3}
GradientThreshold	1
SampleTime	0.001 sec
MiniBatchSize	10^{-4}
EpsilonDecay	10^{-4}
maxepisodes	500
StopTrainingCriteria	EpisodeCount

3. RESULTS

In this study, firstly, Cheetah Optimizer is applied to the CUK converter and the best values of the PI controller parameters according to the ISE performance criterion are calculated. Then, a reinforcement learning based structure is applied to improve the ISE performance by weighting the Ki parameter with a certain coefficient and successful results are obtained. The results are given in graphs and tables.

PI controller designed Cheetah Optimizer for the system then it was implemented. The designed controller parameters were determined as Kp= 2.0164e-05 Ki= 70.7839 Then, the DQN algorithm was arranged to control the environment and the training process was performed. The DQN algorithm applied the action values to the environment. The states produced by the environment and the reward values were taken and the DQN algorithm was trained. The reward values obtained during the iteration are given in Figure 5.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

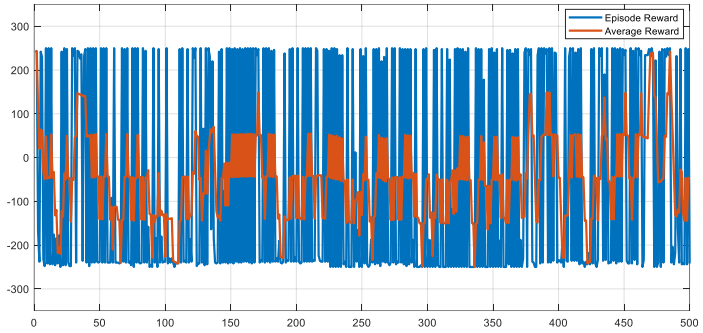


Figure 5. During training, episode reward and average reward values for each iteration

The results of the controlled Cuk Converter are given in Figure 6. As can be seen from the results, while the DQN algorithm carries the system to the desired reference value even at 20 voltage, conventional PI controller performed well between certain reference signals. The control signals generated for the Cuk Converter controlled according to both cases are given in Figure 7.

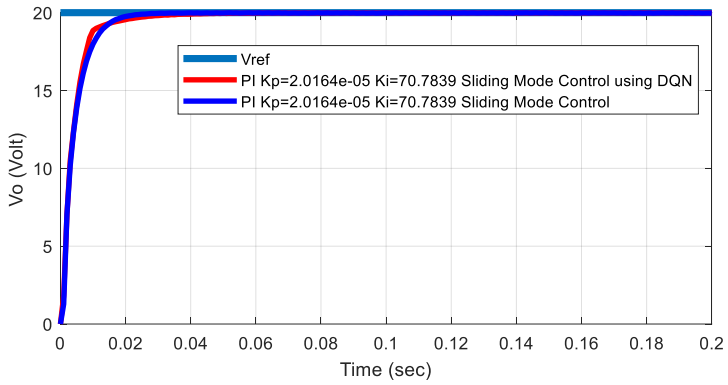


Figure 6. Cuk Converter output voltage for PI Sliding Mode Control and PI Sliding Mode Control using DQN

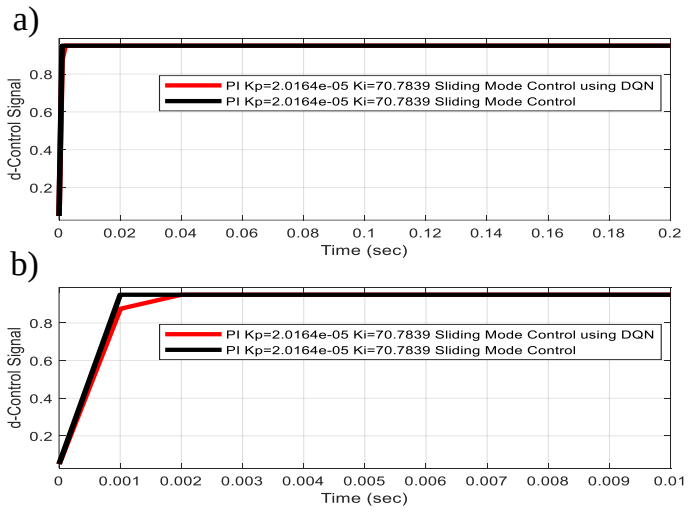


Figure 7. Cuk Converter control signal for PI Sliding Mode Control and PI Sliding Mode Control using DQN

In addition, the control parameters φ value produced by DQN are updated at each sampling moment. This value produced by DQN and environment are shown in Figure 8. Moreover ISE and reward values are depited in Figure 9.

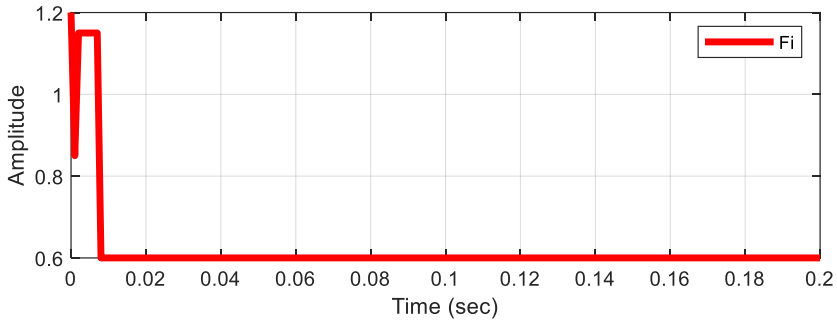


Figure 8. Kp and Ki parameter and reward values for PI Sliding Mode Control using DQN

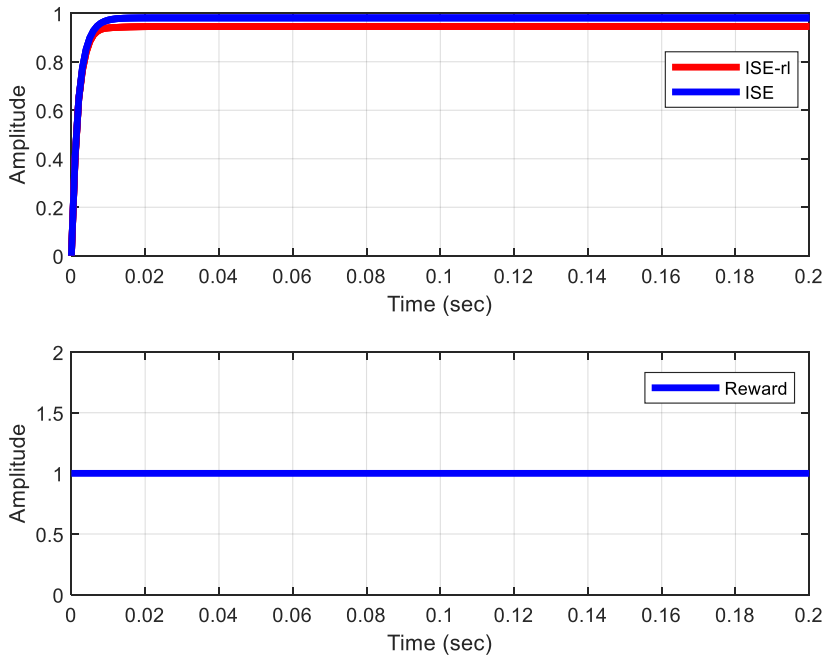


Figure 9. ISE and reward values

The performances of PI sliding mode control and PI sliding mode control using DQN methods for the Cuk converter were compared to the ISE performance values. The results are given in Table 4. As can be seen from the results, the proposed PI Sliding Mode Control using DQN method produced the lowest value and showed much better performance.

Table 4. ISE results of Cuk converter control

Method	ISE
PI Sliding Mode	0.9809
PI Sliding Mode using DQN	0.9458

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. CONCULUTION

In this study, the design of PI controller for the control of Cuk converter, which is a DC DC converter, is carried out. First, the coefficient of the PI controller is determined using the Cheetah optimization algorithm proposed in recent years. This is based on the ISE performance criterion. Then, in order to further improve the performance over the control period, DQN is integrated in the control parameterization to achieve better results in terms of ISE performance criterion. In future work, different performance criteria and other reinforcement learning methods will also be used to control the CUK converter.

REFERENCES

[1] M. Çıkan, "Çita optimizasyon algoritması kullanarak kısmi gölgelenme altındaki fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktası izleyicisinin tasarlanması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 40, no. 1, pp. 555–572, 2025.

[2] O. Güngör and H. İ. Yüksek, "Modeling of Boost and Cuk Converters and Comparison of Their Performance in MPPT," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 83–101, 2020.

[3] A. Laddha, K. Shah, and S. Neeli, "Model Prediction and Sliding Mode-based Controlling of the Ćuk DC-DC Converter," in *In 2022 IEEE 10th Power India International Conference (PIICON)*, 2022, pp. 1–5.

[4] M. Çimen, Z. Garip, and A. Boz, "Chaotic flower pollination algorithm based optimal PID controller design for a buck converter," *Analog Integr Circuits Signal Process*, 2021.

[5] Z. Garip, M. E. Çimen, and A. F. Boz, "Fotovoltaik Modellerin Parametre Çıkarımı İçin Geliştirilmiş Bir Kaotik Tabanlı Balina Optimizasyon Algoritması," *Journal of Polytechnic*, vol. 0900, pp. 0–2, 2021, doi: 10.2339/politeknik.878934.

[6] F. Ahmad, A. Rasool, E. Ozsoy, A. Sabanovic, and M. Elitas, "Design of a robust cascaded controller for Cuk converter," in *In 2016 IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)*, 2016, pp. 80–85.

[7] M. Thirumeni and D. Thangavelusamy, "Design and analysis of hybrid PSO–GSA tuned PI and SMC controller for DC–DC Cuk converter," *IET Circuits, Devices & Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 374–384, 2019.

[8] U. Saha, S. Shahria, and A. B. Rashid, "Proximal Policy Optimization-Based Reinforcement Learning Approach for DC-DC Boost Converter Control: A Comparative Evaluation Against Traditional Control Techniques," *arXiv preprint arXiv:2310.02945*.

[9] Z. Chen, " PI and sliding mode control of a Cuk converter," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 27, no. 8, pp. 3695–3703, 2012.

[10] B. Han, M. Kim, S. Lee, and J. S. Lee, "Dynamic Modeling and Integral Sliding Mode Controller Design for the Cuk Inverter," in *In 2015 17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe)*, 2015, pp. 1–9.

[11] C. A. Ramos-Paja, D. González-Motoya, J. P. Villegas-Seballos, S. I. Serna-Garces, and R. Giral, "Sliding-mode controller for a photovoltaic system based on a Cuk converter," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, 2021.

[12] M. Hajihosseini, M. Andalibi, M. Gheisarnejad, H. Farsizadeh, and M. H. Khooban, " DC/DC power converter control-based deep machine learning techniques: Real-time implementation," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 35, no. 10, pp. 9971–9977, 2020.
[13] S. Sharma and V. Kumar, "Cheetah Optimizer for Multi-objective Optimization Problems," 2023.
[14] M. A. Akbari, M. Zare, R. Azizipanah-Abarghooee, S. Mirjalili, and M. Deriche, "The cheetah optimizer: A nature-inspired metaheuristic algorithm for large-scale optimization problems," *Sci Rep*, vol. 12, no. 1, p. 10953, 2022.
[15] M. E. , Çimen and Z. Garip, "Controlling a Single Tank Liquid Level System with Classical Control Methods and Reinforcement Learning Methods," *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 30–41, 2024.
[16] M. E. Çimen, Z. Garip, Y. Yalçın, M. Kutlu, and A. F. Boz, "Self Adaptive Methods for Learning Rate Parameter of Q-Learning Algorithm," *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, vol. 6, no. 2, pp. 191–198, 2023.
[17] J. Ye, H. Guo, S. Mei, Y. Hu, and X. Zhang, "A TD3 algorithm based reinforcement learning controller for DC-DC switching converters," in *In 2023 International Conference on Power Energy Systems and Applications (ICoPESA)*, 2023, pp. 358–363.
[18] C. Cui, N. Yan, and C. Zhang, "An Intelligent Control Strategy for buck DC-DC Converter via Deep Reinforcement Learning," *arXiv preprint arXiv:2008.04542*.
[19] H. Sasaki, T. Horiuchi, and S. Kato, "A study on vision-based mobile robot learning by deep Q-network," *In 2017 56th annual conference of the society of instrument and control engineers of Japan (SICE)*, pp. 799–804, 2017.
[20] L. Tai and M. Liu, " A robot exploration strategy based on q-learning network," in *In 2016 IEEE international conference on real-time computing and robotics (RCAR)*, 2016, pp. 57–62.
[21] J. Panggabean, N. Sutisna, I. Syafalni, and T. Adiono, " Comparison of MPPT based on Deep Reinforcement Learning by DQN, DDPG and TD3," in *In 2023 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)* , 2023, pp. 261–266.
[22] C. J. Watkins and P. Dayan, "Q-learning," *Mach Learn*, vol. 8, pp. 279–292, 1992.
[23] A. O. Köroğlu, A. E. Edem, S. N. Akmeşe, Ö. Elmas, I. Tunc, and M. T. Soylemez, "Agent-Based Route Planning with Deep Q Learning," in *13th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 2021, pp. 403–407.
[24] M. R. Evdüzen, "Derin pekiştirmeli öğrenme ile robot kol tork kontrolü," Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
[25] U. Saha, A. Jawad, S. Shahria, and A. H. U. Rashid, "Proximal Policy Optimization-Based Reinforcement Learning Approach for DC-DC Boost Converter Control: A Comparative Evaluation Against Traditional Control Techniques," *Heliyon*, 2024.
[26] B. H. Demirbilek, A. S. Taşbaş, and N. K. Üre, "Attitude Control of a Gun Turret Platform with Reinforcement Learning," in *In 2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2021, pp. 1–4.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SAĞLIKLI TÜRK POPÜLASYONUNDA SOD1 GENİNE AİT 50BP INS/DEL (RS36232792) VE RS2234694 POLİMORFİZMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

M.Sc.Bio. FATIMA CEREN TUNÇEL [1*], TUĞÇE KARADAĞ [2*], ŞÜKRİYE BEYZA KOPARAN [3*], Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN [4]

[1*] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

[2*] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Beykoparan@gmail.com - ORCID ID: 0009-0005-9513-5171

[3*] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, tugceroglu22@gmail.com - ORCID ID: 0009-0004-3472-4506

[4] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

*İlk 3 araştırmacı eşit oranda çalışmaya destek vermiştir.

ÖZET

Süperoksit dismutaz (SOD), reaktif oksijen türlerinin ortadan kaldırılması için temel bir enzimdir. Memelilerde bilinen üç farklı SOD izoformu vardır. Bakır-çinko süperoksit dismutaz olan SOD1, sitozolde ve mitokondriyal intermembran boşlukta bulunur; tüm SOD aktivitesinin %50-80'ini oluşturur. SOD1 geni; insanlarda kromozom 21q22'de yer alır, 4 intron ve 5 eksondan oluşur. Genin promotör bölgesindeki 90'dan fazla mutasyonla birlikte, düzenleyici bölgeleri, UTR'leri ve intronlarında da çeşitli polimorfizmler tanımlanmıştır. En çok çalışılan polimorfizmlerden biri, intron ve ekzon 3 arasındaki birleşme bölgesindeki rs2234694 polimorfizmidir; AA genotipi SOD1 enzim aktivitesindeki artış, CC genotipi ise enzim aktivitesindeki azalışla ilişkilendirilmiştir. İkincisi, 50 bp'lik bir parçanın eklenmesi /silinmesiyle karakterize diğer bir polimorfizm 50 bp Ins/Del (rs36232792) olarak bilinir; SOD1 geninin promotör bölgesindeki ATG başlangıç kodonundan 1684 baz çifti (bp) yukarıda bulunur. Del aleli genin indirgeyici promotör aktivitesiyle ilişkilidir; bu durum ROS'un detoksifikasyon seviyesini değiştirebilir. ROS'un DNA ile yüksek etkileşimi nedeniyle, Ins/Del genetik polimorfizmi genom bütünlüğünün korunmasında bireyler arası farklılıklarda önemli rol oynayabilir. Bu çalışmada SOD1 genine ait rs36232792 ile rs2234694 fonksiyonel varyantlarının sağlıklı hem Türk popülasyonunda hem de kadın-erkek cinsiyeti arasında genotip ve allel araştırılmasını ve başka popülasyonlarda dağılımları ile karşılaştırmayı amaçladık.

Çalışmaya 110'u kadın, 84'ü erkek olmak üzere toplam 194 sağlıklı birey dahil edilmiştir. rs36232792 Ins/Del polimorfizmi PCR ile rs2234694 fonksiyonel gen varyantı ise PCR-RFLP yöntemiyle analiz edildi. Sağlıklı Türk popülasyonundaki bireylere ait hem rs36232792 için; genotip (%79,9, %19,1, %1) ve alel frekansı (%89,4, %10,6) hemde rs2234694 fonksiyonel gen varyantı için; genotip (% 93,3, % 6,2, % 0,5) ve alel (%96,4, %3,6) frekansları arasında

anlamlı bir farklılık bulunmadı. Her 2 gen varyantında kadın-erkek bireylerin allel ve genotipleri karşılaştırıldığında cinsiyet açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığı görüldü.

Sonuç olarak; elde edilen veriler ışığında Türk popülasyonundaki 194 sağlıklı bireyde SOD1 genine ait genotip ve alel sıklıkları belirlenmiş, ülkemizdeki sağlıklı popülasyonlar literatürdekilerle karşılaştırıldığında benzer sonuçlar saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sağlıklı Türk popülasyonu, SOD1, rs2234694, I/D, DNA, PCR/PCR-RFLP.

INVESTIGATION OF 50BP INS/DEL (RS36232792) AND RS2234694 POLYMORPHISM OF SOD1 GENE IN HEALTHY TURKISH

M.Sc.Bio. FATIMA CEREN TUNÇEL [1*], TUĞÇE KARADAĞ [2*], ŞÜKRİYE BEYZA KOPARAN [3*], Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN [4]

[1*] Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565
[2*] Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, Beykoparan@gmail.com - ORCID ID: 0009-0005-9513-5171
[3*] Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, tugceroglu22@gmail.com - ORCID ID: 0009-0004-3472-4506
[4] Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

[*]The first 3 researchers provided equal support for the study.

ABSTRACT

Superoxide dismutase (SOD) is an essential enzyme for the removal of reactive oxygen species. There are three known SOD isoforms in mammals. SOD1, a copper-zinc superoxide dismutase, is found in the cytosol and the mitochondrial intermembrane space; it accounts for 50-80% of all SOD activity. The SOD1 gene is located on chromosome 21q22 in humans and consists of 4 introns and 5 exons. More than 90 mutations in the promoter region of the gene, as well as various polymorphisms in its regulatory regions, UTRs, and introns, have been identified. One of the most studied polymorphisms is the rs2234694 polymorphism in the junction region between intron and exon 3; the AA genotype is associated with increased SOD1 enzyme activity, while the CC genotype is associated with decreased enzyme activity. Secondly, another polymorphism characterized by the insertion/deletion of a 50 bp fragment is known as 50 bp Ins/Del (rs36232792); it is located 1684 base pairs (bp) upstream of the ATG start codon in the promoter region of the SOD1 gene. The Del allele is associated with the reductive promoter

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

activity of the gene; this may alter the detoxification level of ROS. Due to the high interaction of ROS with DNA, the Ins/Del genetic polymorphism may play an important role in interindividual differences in maintaining genome integrity. In this study, we aimed to investigate the genotypes and alleles of the functional variants of rs36232792 and rs2234694 of the SOD1 gene in both the healthy Turkish population and between female and male genders and to compare them with their distributions in other populations. A total of 194 healthy individuals, 110 female and 84 male, were included in the study. The rs36232792 Ins/Del polymorphism was analyzed by PCR and the rs2234694 functional gene variant was analyzed by PCR-RFLP method. No significant difference was found between the genotype (79.9%, 19.1%, 1%) and allele frequency (89.4%, 10.6%) for rs36232792 and the genotype (93.3%, 6.2%, 0.5%) and allele (96.4%, 3.6%) frequencies for the functional gene variant rs2234694 in the healthy Turkish population. When the alleles and genotypes of male and female individuals were compared in both gene variants, it was seen that there was no significant difference in terms of gender.

As a result; in the light of the obtained data, the genotype and allele frequencies of the SOD1 gene were determined in 194 healthy individuals in the Turkish population, and similar results were found when the healthy populations in our country were compared with those in the literature.

Keywords: Healthy Turkish population, SOD1, rs2234694, I/D, DNA, PCR/PCR-RFLP.

1. GİRİŞ ve GENEL BİLGİ

Reaktif oksijen türleri (ROS), aerobik metabolizmanın doğal bir yan ürünü olup hücresel homeostaziyi bozar ve oksidatif strese yol açar. ROS, mitokondriyal metabolizma ve hücresel yanıtlar gibi biyolojik süreçlerle üretilir ve hücresel bileşenlere zarar verebilir. Süperoksit Dismutaz (SOD) enzim ailesi, özellikle Cu/Zn SOD1 ve Mn içeren SOD2, oksidatif strese karşı savunmanın ilk hattını oluşturur. Cu, Zn-süperoksit dismutaz (SOD1), bakır ve çinko iyonlarını bağlayan ve oksidatif strese karşı savunmada önemli bir rol oynayan bir metaloenzimdir; hücrede yaygın olarak bulunur ve toplam SOD aktivitesinin %80'ini sağlar. İnsan SOD1, süperoksit seviyelerini düzenlerken, oksidatif strese yanıt olarak nükleer gen transkripsiyonunu aktive eder, RNA metabolizmasını düzenler ve glikoz algılama yolunu modüle eder. SOD1 geni, Kromozom 21q22.11 üzerinde bulunur ve en çok çalışılan polimorfizmlerden biri, AA genotipiyle SOD1 enzim aktivitesindeki artış ve CC genotipiyle azalmayı ilişkilendiren rs2234694 (+35A/C) SNP polimorfizmidir. Ayrıca, SOD1 geninin promotör bölgesinde 50 bp ekleme/silme (I/D) polimorfizmi tanımlanmış olup, bu bölge birçok transkripsiyon faktörü bağlanma bölgesi içerir ve SP1'in bu bölgeye bağlandığı gösterilmiştir. Bu polimorfizm, hücrelerde azalmış promotör aktivitesi ve düşük mRNA seviyeleriyle ilişkilidir.

Bu çalışmada SOD1 genine ait rs36232792 ile rs2234694 fonksiyonel varyantlarının hem sağlıklı Türk popülasyonunda hem de kadın-erkek cinsiyeti arasında genotip ve allel araştırılmasını ve başka popülasyonlarda dağılımları ile karşılaştırmayı amaçlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.1.Reaktif Oksijen Türleri (ROS)

ROS, moleküler oksijenden türeyen çeşitli moleküllere ve serbest radikallere verilen genel bir isimdir (1). Biyolojik bağlamda ROS, hücresel aerobik metabolizmanın doğal bir yan ürünü olarak oluşur ve hücresel sinyalizasyona katılır. Mitokondriyal solunum, ROS oluşumunun önemli bir nedenidir ve ROS seviyelerindeki artış hücre homeostazisi, yapıları ve işlevleri üzerinde zararlı etkilere sahiptir ve oksidatif strese neden olur. Bu nedenle hücresel redoks dengesinin bozulması çeşitli patolojilerin gelişimi için bir risk faktörüdür (2,3). Hücresel ROS kaynağı genel olarak iki ana kategoriye ayrılabilir: Birinci esas olarak mitokondriyal oksidatif metabolizma olmak üzere, ROS' u çeşitli diğer gerekli reaksiyonların bir yan ürünü veya atık ürünü olarak serbest bırakan biyolojik süreçlerdir; ikinci ksenobiyotiklere, sitokinlere ve bakteriyel istilaya hücresel yanıt olarak, moleküler sentezde veya parçalanmada, bir sinyal iletim yolunun parçası olarak veya bir hücre savunma mekanizmasının parçası olarak kasıtlı olarak ROS üreten süreçlerdir. Oksijen serbest radikalleri oldukça reaktiftir ve proteinler, lipitler ve nükleik asitler gibi hücresel bileşenlere zarar verme kapasitesine sahiptir (4).

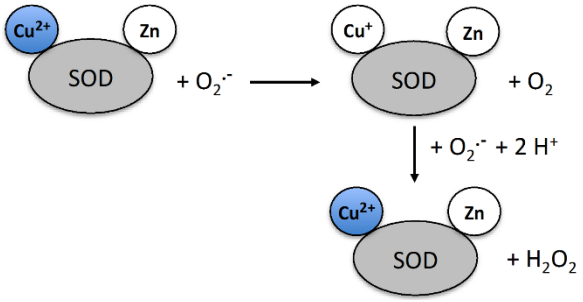
1.2.Süperoksit Dismutaz (SOD)

Aerobik organizmalar, oksidatif stresten kurtulmak ve redoks homeostazını sürdürmek için gelişmiş savunma sistemi geliştirmiştir. Bu savunma sistemleri, enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmaları içerir. Enzimatik antioksidanlar arasında süperoksit dismutaz (SOD), katalaz ve glutatyon peroksidaz öne çıkar. Memelilerde, SOD ailesi üç izoform içerir: 1.Cu/ZnSOD (SOD1), 2.MnSOD (SOD2) ve 3.ECSOD (SOD3). Bu izoformlar, farklı genler tarafından kodlanmakta ve farklı birimlerde lokalizasyonlara sahip olmaktadır (5).

1.2.1 Cu/Zn-Süperoksit Dismutaz (SOD1)

Cu, Zn-süperoksit dismutaz (SOD1), bakır ve çinko iyon kofaktörlerini bağlar ve sitoplazmada bulunan üç SOD izoenziminden biridir. SOD1, doku üzerindeki oksidatif strese karşı savunmada önemli bir rol oynar; süperoksit radikallerini (O2) hidrojen perokside dönüştür ve bu reaksiyonun daha sonra suya indirgenmesini katalizleyerek etki gösterir (Görsel 1.) (6). Tüm memeliler (insanlar dahil) süperoksit dismutazın üç izoformuna sahiptir (7). Bu enzimler arasında genetik ve yapısal değişiklikler mevcuttur. Örneğin, SOD1 ve SOD3 amino asitlerinin özelliklerinde belirli bir homoloji gösterirken, SOD2 bu iki izoform ile düşük düzeyde homolojiye sahiptir. Bu farklılıklar, bu enzimlerin ürettiği stresle başa çıkmada birbirinden bağımsız performansların üstlenmesini sağlar (5). SOD1'in hemen hemen tüm ökaryotik türlerin antioksidan savunmasında önemli bir homodimerik metaloenzim olarak var olduğu ve hücrede yaygın olarak dağılmış olup toplam SOD aktivitesinin %80'ini sağlayan temel bir antioksidan enzim olduğu iyi bilinmektedir (8).

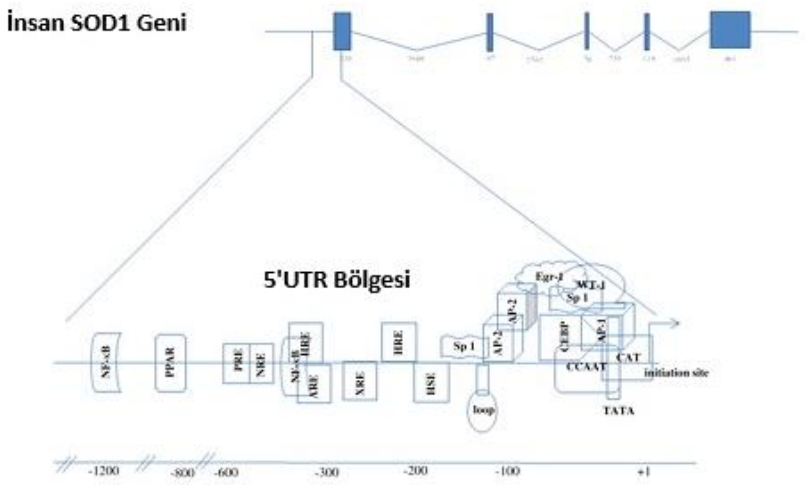
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. SOD'un Oksidasyon Mekanizması (10).

SOD1 Geninin Genetik Yapısı ve Organizasyonu

SOD1 geninin özellikleri kemirgenlerde, sığırlarda ve insanlarda tanımlanmıştır (5). İnsan SOD1, her bir monomerin 153 amino asitten (15,8 kDa) oluştuğu 32 kDa homodimerik bir proteindir; kromozom 21'de (bölge 21q22) bulunan SOD1 geni dört intron ve beş ekzondan oluşur (6-9) (Görsel 2.). Human SOD1 (hSOD1), mitokondriyal zar arası alan, sitoplazma ve peroksizomdan kaynaklanan süperoksit seviyelerini düzenlemekten sorumludur. Bir antioksidan enzim olmasının yanı sıra, hSOD1 proteininin oksidatif strese maruz kaldıktan sonra nükleer gen transkripsiyonunun aktivasyonu, RNA metabolizmasının düzenlenmesi ve glikoz algılama yolunun modülasyonu ile solunumu baskılama gibi yeni fonksiyonları da bildirilmiştir (6).



Görsel 2. SOD1 Geninin Organizasyonu (5) (SOD1 promotörü, TATA kutusu ve CCAAT kutusu ile birlikte GC açısından zengin bir bölgeye sahiptir).

Genin promotör bölgesindeki 90'dan fazla mutasyonla birlikte, düzenleyici bölgeleri, UTR'leri ve intronlarında da çeşitli polimorfizmler tanımlanmıştır. En çok çalışılan polimorfizmlerden biri, intron ve ekzon 3 arasındaki birleşme bölgesindeki rs2234694 polimorfizmidir. 50 bp'lik bir parçanın eklenmesi/silinmesiyle karakterize diğer bir polimorfizm 50 bp Ins/Del (rs36232792) olarak bilinir (11).

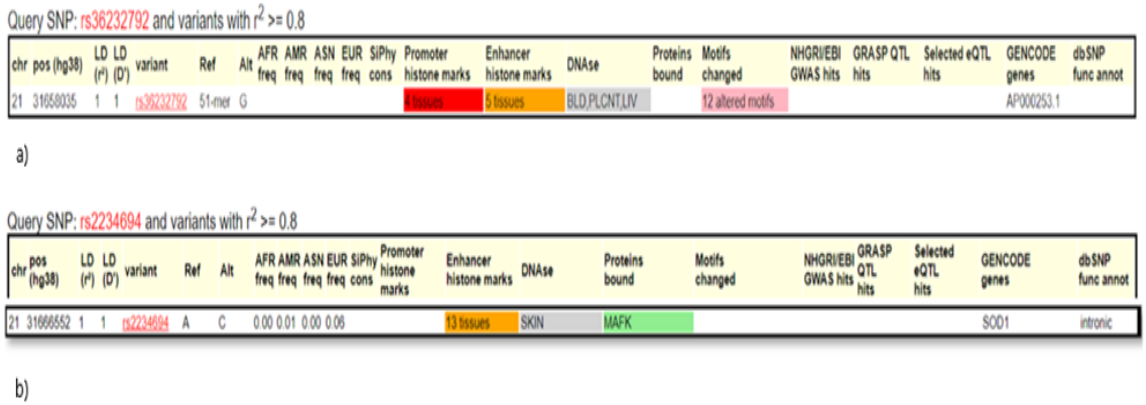
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SOD1 rs2234694 (+35A/C) Polimorfizmi

SOD1 geni Kromozom 21q22.11 üzerinde yer alır; en çok çalışılanlardan polimorfizmlerden biri, intron ve ekson 3 arasındaki bağlantı noktasında bulunan, AA genotipinin neden olduğu SOD1 enzim aktivitesindeki artış ve CC genotipinin enzimatik aktivite azalmasıyla ilişkilendirilen SNP (tek nükleotid polimorfizmi) rs2234694 (+35A/C) polimorfizmidir. rs2234694 polimorfizminin bildirilen sıklığı, çalışılan popülasyona bağlıdır (11). rs2234694 polimorfizmi, Görsel 3'a da Haplo-Reg4.1 ve Görsel 4'a da rSNPBase veri tabanları kullanılarak analiz edilmiştir.

SOD1 rs36232792 50 bp Ekleme/Silme (I/D) Polimorfizmi

SOD1 geninin promotör bölgesinde 50 bp ekleme/silme (I/D) polimorfizmi (ATG başlangıç kodonunun 1684 bp yukarısında) adı verilen işlevsel bir polimorfizm tanımlanmıştır (9). Yapılan çalışmalarda, 50 bp'lik silinmiş bölgenin çok sayıda transkripsiyon faktörü bağlanma bölgesi içerdiğini ve bir transkripsiyon faktörü olan SP1'in bu bölgeye bağlandığını gösterilmiştir (14). Bu polimorfizmin hücrelerde azalmış promotör aktivitesi ve düşük mRNA seviyeleriyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (15). rs36232792 polimorfizmi, Görsel 3'b de Haplo-Reg4.1 ve Görsel 4'b de rSNPBase veri tabanları kullanılarak analiz edilmiştir.


Query SNP: rs36232792 and variants with r^2 >= 0.8

chr	pos (hg38)	LD (r^2)	LD (D')	variant	Ref	Alt	AFR freq	AMR freq	ASN freq	EUR freq	SiPhy cons	Promoter histone marks	Enhancer histone marks	DNAse	Proteins bound	Motifs changed	NHGRI/EBI GWAS hits	GRASP QTL hits	Selected eQTL hits	GENCODE genes	dbSNP func annot
21	31658035	1	1	rs36232792	51-mer	G						4 tissues	5 tissues	BLD,PLCNT,LIV		12 altered motifs				AP000253.1	

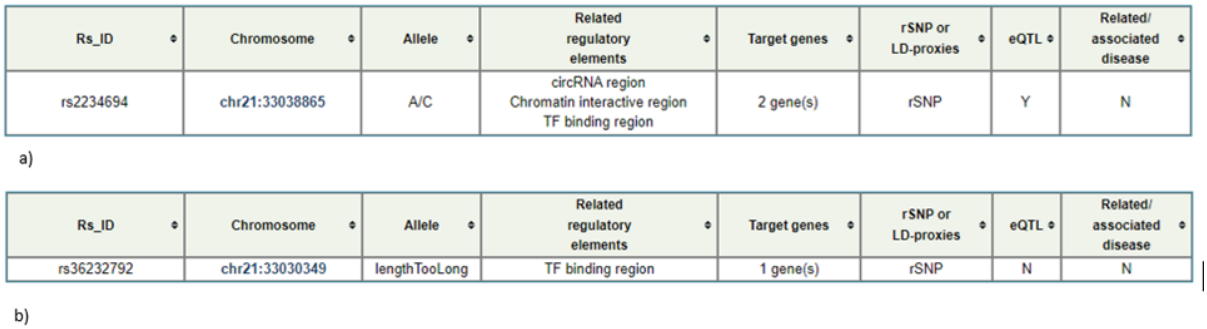
a)

Query SNP: rs2234694 and variants with r^2 >= 0.8

chr	pos (hg38)	LD (r^2)	LD (D')	variant	Ref	Alt	AFR freq	AMR freq	ASN freq	EUR freq	SiPhy cons	Promoter histone marks	Enhancer histone marks	DNAse	Proteins bound	Motifs changed	NHGRI/EBI GWAS hits	GRASP QTL hits	Selected eQTL hits	GENCODE genes	dbSNP func annot
21	31666552	1	1	rs2234694	A	C	0.00	0.01	0.00	0.06			13 tissues	SKIN	MAFK					SOD1	intronic

b)

Görsel 3. SOD1 genine ait rs2234694 ve rs36232792 polimorfizmlerinin Haplo-Reg4.1 veri tabanı analizleri (12).



Rs_ID	Chromosome	Allele	Related regulatory elements	Target genes	rSNP or LD-proxies	eQTL	Related/ associated disease
rs2234694	chr21:33038865	A/C	circRNA region Chromatin interactive region TF binding region	2 gene(s)	rSNP	Y	N

a)

Rs_ID	Chromosome	Allele	Related regulatory elements	Target genes	rSNP or LD-proxies	eQTL	Related/ associated disease
rs36232792	chr21:33030349	lengthTooLong	TF binding region	1 gene(s)	rSNP	N	N

b)

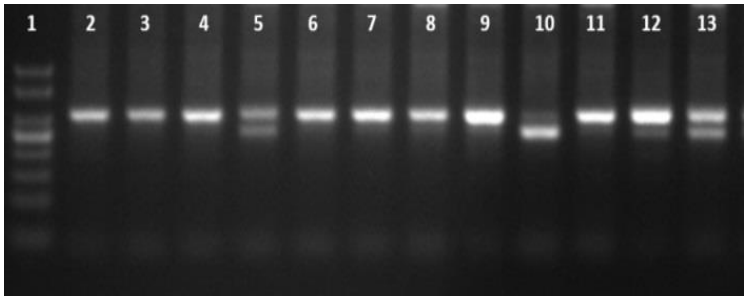
Görsel 4. SOD1 genine ait rs2234694 ve rs36232792 polimorfizmlerinin rSNPBase veri tabanı analizleri (13).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

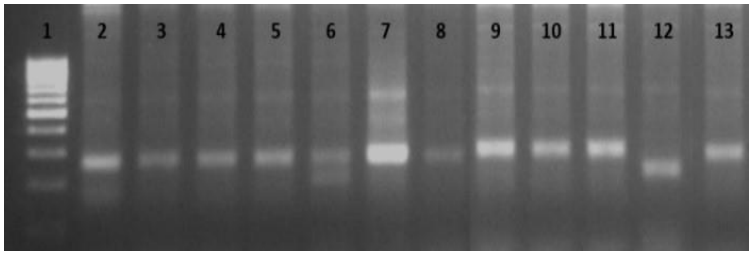
2. MATERYAL ve METOD

Çalışmaya 110'u kadın, 84'ü erkek olmak üzere Türk popülasyonundan toplam 194 sağlıklı birey dahil edildi. 4ml'lik EDTA'lı tüplere alınan kanlardan önce lökosit izolasyonu, elde edilen lökositlerden de ticari kit ile genomik DNA izole edildi. SOD1 geni rs36232792 polimorfizmi polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), rs2234694 fonksiyonel varyantı ise polimeraz zincir reaksiyonu-restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (PCR-RFLP) yöntemiyle analiz edildi.
SOD1 *rs36232792* için primer dizileri; Forward: 5-AATTCCTTACCCCTGTTCTA-3 Reverse: 5-GGCAGATTTCAGTTCATTGT-3, PCR protokolü: 94°C'de 5 dakika, 94°C'de 20 saniye, 54°C'de 30 saniye, 68°C'de 40 saniye , 35 döngü ve 68°C'de 5 dakika şeklinde uygulandı. Amplifikasyonlu PCR ürünü 45 dakika boyunca 110 V'da %3'lük agaroz jel üzerinde ayrıldı. Genotipler, I/I genotipi 297 baz çifti (bp), D/D genotipi 247 bp ve iki banttan oluşan I/D genotipi 297 ve 247 bp olarak tespit edildi (15)(Görsel 5.).

SOD1 *rs2234694* için primer dizileri ise; Forward: 5-CTA TCC AGA AAA CAC GGT GGG CC-3 Reverse: 5-TCT ATA TTC AAT CAA ATG CTA CAA AAC-3, PCR protokolü: 94°C'de 5 dakika, 94°C'de 20 saniye, 54°C'de 30 saniye, 72°C'de 40 saniye , 35 döngü ve 72°C'de 5 dakika şeklinde uygulandı. Amplifikasyonlu PCR ürünü *HhaI* restriksiyon enzimi ile 37°C 4 saat kesildi. Kesim ürünleri 45 dakika boyunca 110 V'da %3'lük agaroz jel üzerinde ayrıldı. Genotipler, AA genotipi 278 bp, CC genotipi 207,71 bp ve AC genotipi 278, 207, 71 bp olarak tespit edildi (16)(Görsel 6.). Elde edilen sonuçlar ki-kare testi ile analiz edildi.



Görsel 5. SOD1 *rs36232792* amplifikasyon ürünleri
1:100 bp Belirteç, 2,3,4,6,7,8,9,11,12: I/I (297 bp) 10: D/D (247 bp), 5,13: I/D (297, 247 bp)



Görsel 6. SOD1 *rs2234694* PCR ve kesim ürünleri
1:100 bp Belirteç, 2: PCR ürünü (278 bp), 3,4,5,7,8,9,10,11, 13: AA (278 bp), 12: CC (207, 71 bp), 6: AC (278, 207, 71 bp)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR

SOD1 geni için Türk popülasyonundaki sağlıklı bireylere ait *rs36232792* ins/del genotip (I/I, I/D, D/D) yüzdeleri sırasıyla: %79,9, %19,1, %1 iken (Çizelge 1.) kadın ve erkekler karşılaştırıldıklarında genotipler kadın bireylerde; %80,9, %19,1, %0 erkek bireylerde; %78,6, %19, %2,4 olarak saptanmıştır. Kadın ve erkek bireyler genotipp ve allel sıklığı açısından karşılaştırıldığında hem genotip (p: 0,2656) hem de alel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olmadığı (p:0,4538) saptanmıştır (Çizelge 2.).

Çizelge 1. SOD1 *rs36232792* genotip ve alel yüzdeleri

SOD1 rs 36232792	**Kontrol N (%)**
I/I	155 (% 79,9)
I/D	37 (% 19,1)
D/D	2 (% 1)
I	347 (% 89,4)
D	41 (% 10,6)

Çizelge 2. SOD1 *rs36232792* genotip ve alel sıklıklarının kadın ve erkek bireylerde karşılaştırılması

SOD1 rs 36232792	**Kadın N (%)**	**Erkek N (%)**	**P**
I/I	89 (% 80,9)	66 (% 78,6)	0,2656
I/D	21 (% 19,1)	16 (% 19)	
D/D	0 (% 0)	2 (% 2,4)	
I	199 (% 90,5)	148 (% 88,1)	0,4538
D	21 (% 9,5)	20 (% 11,9)	

SOD1 *rs2234694* fonksiyonel gen varyantı için bakıldığında ise genotip (AA, AC, CC) yüzdeleri sırasıyla: % 93,3, % 6,2, % 0,5 iken (Çizelge 3.) kadın ve erkekler karşılaştırıldıklarında genotipler kadın bireylerde; % 93,6, % 6,4, % 0 erkek bireylerde; % 92,9, % 5,6, % 1,2 olarak saptanmıştır. Kadın ve erkek bireyler karşılaştırıldığında hem genotip (p: 0,5154) hem de alel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olmadığı (p:0,6063) saptanmıştır (Çizelge 4.).

Çizelge 3. SOD1 *rs2234694* fonksiyonel varyantı genotip ve alel yüzdeleri

SOD1 rs 2234694	**Kontrol N (%)**
AA	181 (% 93,3)
AC	12 (% 6,2)
CC	1 (% 0,5)
A	374 (% 96,4)
C	14 (% 3,6)

Çizelge 4. SOD1 *rs2234694* fonksiyonel varyantı genotip ve alel sıklıklarının kadın ve erkek bireylerde karşılaştırılması

SOD1 rs 2234694	Kadın N (%) 110	Erkek N (%) 84	P
AA	103 (% 93,6)	78 (% 92,9)	0,5154
AC	7 (% 6,4)	5 (% 5,9)	
CC	0 (% 0)	1 (% 1,2)	
A	213 (% 96,8)	161 (% 95,8)	0,6063
C	7 (% 3,2)	7 (% 4,2)	

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, SOD1 genine ait rs36232792 ve rs2234694 varyantlarının Türk popülasyonu çalışmaları ve farklı ülke popülasyonlardaki sağlıklı bireylerin genotip ile alel dağılımları incelenmiştir. Nursel ve arkadaşlarının rs36232792 polimorfizmiyle yaptığı çalışmanın (I/I %79.9, I/D %19.1, D/D %1) (16) genotip dağılımıyla verilerimiz arasında tutarlılık gözlemlenmiştir. Farklı ülkelerdeki sağlıklı bireylerin SOD1 rs36232792 genotiplerinin dağılımı İran (I/I %73.8, I/D %23.6, D/D %2.6) (19), İtalya (I/I %70,2, I/D %26.5, D/D %3.3) (21) ve Meksika (I/I %71, I/D %27, D/D %2) (11) popülasyonlarındaki veriler verilerimizle tutarlıyken, I/I genotip dağılımı Hint popülasyonunda (I/I %92, I/D %8, D/D %0) (22) verilerimize kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Büyük Britanya (I/I %66.2, I/D %30.8, D/D %3) ve Kuzey Amerika (I/I %67.2, I/D %30.1, D/D %2.7) (23) popülasyonlarında ise verilerimizden farklı olarak daha yüksek I/D ve D/D genotip dağılımları gözlemlenmiştir. Ülkelere ait SOD1 rs36232792 genotip ve alel frekanslarının dağılımları Çizelge 5. da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı ülkelerin sağlıklı popülasyonlarında SOD1 *rs36232792* genotip ve alel yüzdelerinin karşılaştırılması

SOD1 rs36232792	I/I	I/D	D/D	I	D	Kaynak
Çalışmamıza ait Sonuçlar (Türkiye) N (%)	155 (79,9)	37 (19,1)	2 (1)	347 (19,1)	41 (10,6)	
Türkiye N (%)	92 (65,7)	40 (28,6)	8 (5,7)	224 (80)	56 (20)	16
Hindistan N (%)	184 (92)	16 (8)	0 (0)	384 (96)	16 (4)	22
İran N (%)	590 (73,8)	188 (23,6)	21 (2,6)	1368 (85,6)	230 (14,4)	19
İtalya N (%)	172 (70,2)	65 (26,5)	8 (3,3)	409 (83,5)	81 (16,5)	21

Meksika N (%)	314 (71)	119 (27)	10 (2)	747 (84,3)	139 (15,7)	11
Büyük Britanya N (%)	359 (66,2)	167 (30,8)	16 (3)	885 (68,9)	399 (31,1)	23
Kuzey Amerika N (%)	353 (67,2)	158 (30,1)	14 (2,7)	864 (82,3)	186 (17,7)	23

Polat ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada rs2234694 fonksiyonel varyantına ait (AA %99.3, AC %0.7, CC %0) (18) genotip dağılımıyla verilerimiz arasında tutarlılık gözlemlenmiştir Farklı ülkelerdeki sağlıklı bireylerin SOD1 rs2234694 genotiplerinin dağılımı Güney Asya (AA %98,8, AC %1,2, CC %0) (19), Meksika (AA %99, AC %1, CC %0) (11) ve Afrika (AA %99,8, AC %0,2, CC %0) (19) popülasyonlarındaki veriler verilerimizle tutarlıyken, AC genotipinin daha yaygın olduğu Avrupa (AA %88,5, AC %11,5, CC %0) (19) ve Amerika (AA %96,3, AC %3,7, CC %0) (19) popülasyonlarına kıyasla AA genotipi çalışmamızda daha yüksek frekanslar göstermiştir. Benzer şekilde, Tunuslu sağlıklı bireylerin genotip dağılımı ise (AA %94,4, AC %5,6, CC %0) (20) Avrupa popülasyonlarına daha yakın frekanslar göstermiştir. Ülkelere ait SOD1 rs2234694 genotip ve alel frekanslarının dağılımları Çizelge 6. da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı ülkelerin sağlıklı popülasyonlarında SOD1 *rs2234694* fonksiyonel varyantının genotip ve alel yüzdelerinin karşılaştırılması

SOD1 rs36232792	**AA**	**AC**	**CC**	**A**	**C**	**Kaynak**
Çalışmamıza ait Sonuçlar (Türkiye) N (%)	103 (93,6)	7 (6,4)	0 (0)	213 (96,8)	7 (3,2)	
Türkiye N (%)	147 (99,3)	1 (0,7)	0 (0)	295 (99,6)	1 (0,4)	18
Avrupa N (%)	445 (88,5)	58 (11,5)	0 (0)	948 (94,2)	58 (5,8)	19
Tunus N (%)	201 (94,4)	12 (5,6)	0 (0)	414 (97,2)	12 (2,8)	20
Güney Asya N (%)	483 (98,8)	6 (1,2)	0 (0)	972 (99,4)	6 (0,6)	19
Meksika N (%)	574 (99)	8 (1)	0 (0)	1156 (99,3)	8 (0,7)	11
Afrika N (%)	660 (99,8)	1 (0,2)	0 (0)	1321 (99,9)	1 (0,1)	19
Amerika	334	13	0	681	13	19

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

N (%)	(96,3)	(3,7)	(0)	(98,1)	(1,9)	

SOD1'in hemen hemen tüm ökaryotik türlerin antioksidan savunmasında önemli bir enzim olduğu iyi bilinmektedir. Çalışmamızda sağlıklı türk popülasyonunda incelenen *rs2234694* ve *rs36232792* varyantları açısından genotip, alel dağılımları ve kadın- erkek cinsiyeti arasında herhangi anlamlılık bulunmazken verilerimiz, Türkiyede yapılan diğer çalışmalar ile uyumludur. Farklı ülke popülasyonlarına ait çalışmalara baktığımızda ise genotip ve alel dağılımları açısından ciddi farklılıklar gözlenmemiştir. *rs2234694* fonksiyonel gen varyantında AA genotipi SOD1 aktivitesinde artışla ilişkilidir. Hem türk hem de farklı ülkelere ait sağlıklı bireyler ile yapılan popülasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlarda AA genotipinin fazla olması durumu doğrular niteliktedir. *rs36232792* ekleme/silme polimorfizminde Del alelinin varlığı genin promotör aktivitesini düşürür. Hem türk hem de farklı ülkelere ait sağlıklı bireyler ile yapılan popülasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlarda Del aleli İns aleline kıyasla çok daha az bulunmaktadır.

Sonuç olarak; yaptığımız bu popülasyon çalışmasının hem literatüre katkı sağlamasını hem de Türkiyede yapılacak diğer çalışmalar için bir referans olmasını umut ediyoruz.

KAYNAKÇA

1- Covarrubias, L., Hernández-García, D., Schnabel, D., Salas-Vidal, E., & Castro-Obregón, S. Function of reactive oxygen species during animal development: passive or active?, Developmental biology, 320(1), 2008.
2- Juan, C. A., Pérez de la Lastra, J. M., Plou, F. J., & Pérez-Lebeña, E. The chemistry of reactive oxygen species (ROS) revisited: outlining their role in biological macromolecules (DNA, lipids and proteins) and induced pathologies, International journal of molecular sciences, 22(9), 2021.
3- Snezhkina, A. V., Kudryavtseva, A. V., Kardymon, O. L., Savvateeva, M. V., Melnikova, N. V., Krasnov, G. S., & Dmitriev, A. A. ROS generation and antioxidant defense systems in normal and malignant cells, Oxidative medicine and cellular longevity, 1, 2019.
4- Zhang, J., Wang, X., Vikash, V., Ye, Q., Wu, D., Liu, Y., & Dong, W. ROS and ROS-mediated cellular signaling, Oxidative medicine and cellular longevity, 1, 2016.
5- Miao, L., & Clair, D. K. S. Regulation of superoxide dismutase genes: implications in disease, Free Radical Biology and Medicine, 47(4), 2009.
6- Smietana, M. J., Arruda, E. M., Faulkner, J. A., Brooks, S. V., & Larkin, L. M. Reactive oxygen species on bone mineral density and mechanics in Cu, Zn superoxide dismutase (SOD1) knockout mice, Biochemical and biophysical research communications, 403(1), 2010.
7- Eleutherio, E. C. A., Magalhães, R. S. S., de Araújo Brasil, A., Neto, J. R. M., & de Holanda Paranhos, L. SOD1, more than just an antioxidant, Archives of Biochemistry and Biophysics, 697, 2021.
8- Li, X., Chen, Y., Zhao, J., Shi, J., Wang, M., Qiu, S., & Liu, C. The specific inhibition of SOD1 selectively promotes apoptosis of cancer cells via regulation of the ROS signaling network, Oxidative medicine and cellular longevity, 1, 2019.
9- Nacar, M. C., & Yigit, S. Lack of association of superoxide dismutase I/D variant with osteopenia/osteoporosis in Turkish postmenopausal women, Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids, 42(9), 2023.
10- Franco, M. C., Dennys, C. N., Rossi, F. H., & Estévez, A. G. (2013). Superoxide dismutase and oxidative stress in amyotrophic lateral sclerosis, Current Advances in Amyotrophic Lateral Sclerosis, 2013.
11- Gallegos-Arreola M. P., Ramírez-Hernández M. A., Figuera L. E., et al. The rs2234694 and 50 bp Insertion/Deletion polymorphisms of the SOD1 gene are associated with breast cancer risk in a Mexican population, European Review for Medical & Pharmacological Sciences. 24(15), 2020.
12- https://pubs.broadinstitute.org/mammals/haploreg/haploreg.php) (ErişimTarihi: 8.12.24).
13- http://rsnp3.psych.ac.cn/index.do) (Erişim Tarihi: 8.12.2024).
14- Saify, K., & Saadat, M. Influence of a 50bp Ins/Del polymorphism at promoter of the superoxide dismutase-1 on gene expression and risk of heroin dependency, Environmental Health and Preventive Medicine, 22, 1-6, 2017.
15- Soyocak, A., Doganer, F., Duzgun Ergun, D., Budak, M., Turgut Coşan, D., & Ozgen, M. Evaluation of relationship between SOD1 50-bp deletion gene polymorphism, Cu, Zn level, and viscosity in postmenopausal osteoporosis patients with vertebral fractures, Biological Trace Element Research, 201(2), 2023.
16- Nursal, A.F., Ünver, Ş., Yiğit, S., Orhan, Ö.M., Atan, T. The evaluation of superoxide dismutase 1 gene insertion/deletion variant in athletes, Rev Assoc Med Bras, 69(12), 2023.

17- Yukcu, F., Akcılar, R., Namdar, N.D., Sevinc, S.K., & Utku, S.A. Investigation of the Effects of SOD1+ 35A/C and GPx-3+ 1494A/G Gene Polymorphisms in Patients With Acne Vulgaris, Journal of Clinical Practice & Research, 46(2), 2024.
18- Polat, S., & Şimşek, Y. Five variants of the superoxide dismutase genes in Turkish women with polycystic ovary syndrome, Free Radical Research, 54(6), 2020.
19- https://www.ensembl.org/Homo_sapiens/Variation/Population?db=core;r=21:31666052316670 52;v=rs2234694;vdb=variation;vf=1078966505#373507_tablePanel (Erişim Tarihi: 12.12.2024)
20- Ben Anes, A., Ben Nasr, H., Garrouche, A., Bchir, S., Dhaouefi, Z., Chabchoub, E., & Chahed, K. The Cu/Zn superoxide dismutase+ 35A/C (rs2234694) variant correlates with altered levels of protein carbonyls and glutathione and associates with severity of COPD in a Tunisian population, Free Radical Research, 53(3), 2019.
21- Milani, P., Gagliardi, S., Bongioanni, P., Grieco, G. S., Dezza, M., Bianchi, M., ... & Cereda, C. Effect of the 50 bp deletion polymorphism in the SOD1 promoter on SOD1 mRNA levels in Italian ALS patients, Journal of the neurological sciences, 313(1-2), 2012.
22- Tripathi, P., Agarwal, S., Sarangi, A. N., Tewari, S., & Mandal, K. Genetic Variation in SOD1 Gene Promoter Ins/Del and Its Influence on Oxidative Stress in Beta Thalassemia Major Patients, International Journal of Hematology-Oncology and Stem Cell Research, 14(2), 2020.
23- Broom, W. J., Greenway, M., Sadri-Vakili, G., Russ, C., Auwarter, K. E., Glajch, K. E., & Brown Jr, R. H. 50bp deletion in the promoter for superoxide dismutase 1 (SOD1) reduces SOD1 expression in vitro and may correlate with increased age of onset of sporadic amyotrophic lateral sclerosis, Amyotrophic Lateral Sclerosis, 9(4), 2008.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SİGARA BAĞIMLILARINDA *SOD1* GENİNE AİT 50BP INS/DEL POLİMORFİZMİNİN TÜRK POPÜLASYONUNDA ARAŞTIRILMASI

M.Sc. ÜLGEN SEVER [1*], Prof.Dr. MEHMET ATİLLA UYSAL [2], M.Sc.Bio. FATIMA CEREN TUNÇEL [3*], Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN [4]

[1*] İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Tıp Anabilim Dalı, ulgenn_@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-9754-0446

[2] Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, mehmetatilla.uysal@sbu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0430-498X

[3*] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

[4] İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

*Çalışmada eşit emek harcamışlardır.

ÖZET

Türkiye'de sigara bağımlılığı, halk sağlığını tehdit eden önemli sorunlardan biridir. Sigara içiciliği, kardiyovasküler hastalıklar, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), immün aracılı inflamatuar hastalıklar ve kanser gibi birçok ciddi hastalık için risk faktörüdür. Sigara dumanı, hücrelerde oksidatif strese ve hasara neden olan, serbest radikaller, reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS) gibi bileşenleri içerir. Sigara nedeniyle artan ROS seviyelerinin yol açtığı oksidatif stres, inflamasyon ve karsinogenezde kritik bir rol oynamaktadır. İnsan vücudu, oksidatif hasardan korunmak için çeşitli antioksidan savunma mekanizmalarına sahiptir. Süperoksit dismutazlar (SOD'lar), süperoksidi oksijen ve hidrojen perokside dönüştüren enzimatik antioksidanlardır. SOD1 insanlarda bulunan üç farklı SOD izoformundan biridir. *SOD1* geninin promotor bölgesinde tanımlanan 50 bp'lik delesyon polimorfizmi, azalmış promotor aktivitesi ve düşük mRNA seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, sigara içen bireylerin eritrositlerinde SOD aktivitelerinin, sigara içmeyenlere göre anlamlı derecede azaldığı bildirilmiştir. Bu çalışmada, sigara içen ve içmeyen bireylerde *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizmi genotip ve allel sıklığı açısından bir farklılık olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmaya 150 sigara içen (80 erkek, 70 kadın) ve 150 sigara içmeyen (67 erkek, 83 kadın) birey dahil edilmiştir. *SOD1* 50 bp Ins/Del varyant analizi lökositten izole edilen DNA'larda, PCR yöntemi ve agaroz jel elektroforezi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem gruplar hem de farklı cinsiyetler arasında karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Ayrıca, sonuçlar Hardy-Weinberg dengesi açısından da değerlendirilmiş; sigara içenlerde allel dağılımı Hardy-Weinberg dengesinden sapma gösterirken ($p=0.0269$), sigara içmeyenlerde bu sapma gözlemlenmemiştir ($p=0.9525$). Sonuç olarak; çalışmamızda, sigara içen ve içmeyen bireylerde *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizminin

genotip ve allel frekanslarında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak, sigara içenlerde allel dağılımının Hardy-Weinberg dengesinden sapma göstermesi, *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizminin sigara içme durumu ile ilişkisinin daha geniş gruplarda ve diğer polimorfizmlerle birlikte ayrıntılı bir şekilde incelenmesi için ileri çalışmaların gerekli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Sigara bağımlılığı, DNA, *SOD1* geni, 50 bp Ins/Del polimorfizmi.

INVESTIGATION OF 50BP INS/DEL POLYMORPHISM OF SOD1 GENE IN CIGARETTE ADDICTS IN TURKISH POPULATION

[1*]Istanbul University, Institute of Health Sciences, Department of Molecular Medicine, ulgenn_@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-9754-0446

[2] University of Health Sciences, Istanbul Yedikule Chest Diseases and Chest Surgery Health Application and Research Center, mehmetatilla.uysal@sbu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0430-498X

[3*] Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

[4] Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

*They exerted equal effort in the study.

ABSTRACT

In Turkey, cigarette addiction is one of the important problems threatening public health. Smoking is a risk factor for many serious diseases such as cardiovascular diseases, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), immune-mediated inflammatory diseases and cancer. Cigarette smoke contains components such as free radicals, reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) that cause oxidative stress and damage in cells. Oxidative stress caused by increased ROS levels due to smoking plays a critical role in inflammation and carcinogenesis. The human body has various antioxidant defense mechanisms to protect against oxidative damage. Superoxide dismutases (SODs) are enzymatic antioxidants that convert superoxide to oxygen and hydrogen peroxide. SOD1 is one of three different SOD isoforms found in humans. A 50 bp deletion polymorphism identified in the promoter region of the SOD1 gene has been associated with decreased promoter activity and low mRNA levels. In addition, it has been reported that SOD activities in erythrocytes of smokers are significantly reduced compared to non-smokers. This study aimed to investigate whether there is a difference in genotype and allele frequency of SOD1 50 bp Ins/Del polymorphism in smokers and non-smokers.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

150 smokers (80 males, 70 females) and 150 non-smokers (67 males, 83 females) were included in the study. SOD1 50 bp Ins/Del variant analysis was performed on DNAs isolated from leukocytes using PCR method and agarose gel electrophoresis. When the obtained results were compared between both groups and different genders, no statistically significant difference was found ($p>0.05$). In addition, the results were evaluated in terms of Hardy-Weinberg equilibrium; While allele distribution in smokers deviates from Hardy-Weinberg equilibrium ($p=0.0269$), this deviation was not observed in non-smokers ($p=0.9525$). As a result; in our study, no significant difference was observed in the genotype and allele frequencies of SOD1 50 bp Ins/Del polymorphism in smokers and non-smokers. However, the deviation of allele distribution from Hardy-Weinberg equilibrium in smokers indicates that further studies are necessary to examine the relationship between SOD1 50 bp Ins/Del polymorphism and smoking status in larger groups and together with other polymorphisms in detail.

Keywords: Smoking addiction, DNA, SOD1 gene, 50 bp Ins/Del polymorphism.

GİRİŞ

Türkiye'de tütün kullanımı gençler ve yetişkinler arasında önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 15 yaş ve üzerindeki bireylerin %28,3'ü her gün tütün mamulü kullanmaktadır. Cinsiyetler açısından bakıldığında bu oran erkeklerde %41,3, kadınlarda ise %15,5 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2022).

Sigara içmenin, tüm ırksal ve etnik gruplarda ciddi sağlık sorunlarına yol açan başlıca nedenlerden biri olmaya devam ettiği Surgeon General'ın güncel raporunda da vurgulanmaktadır (USDHHS, 2024). Sigara içme alışkanlığının kardiyovasküler hastalıklar, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), immün aracılı inflamatuar hastalıklar ve çeşitli kanser türleri için önemli bir risk faktörü olduğu bilimsel araştırmalar ile desteklenmiştir (USDHHS, 2014; WHO, 2017). KOAH'ın başlıca nedeni olan sigara, hastalığın ilerlemesinde de önemli bir etkiye sahiptir (CDC, 2012). Sigara içiciliği, orofarinks, larinks, özofagus, akciğer, bronş ve trakea, mide, karaciğer, pankreas, böbrek ve üreter, serviks, mesane, kolon ve rektum gibi farklı kanser türlerinin doğrudan nedensel faktörünü oluşturmaktadır (USDHHS, 2014).

Sigara dumanında 4000'den fazla kimyasal bileşen mevcuttur. Bunlar arasında reaktif oksijen türleri (ROS), reaktif azot türleri (RNS), nitrik oksit (NO) ve organik serbest radikaller yer almaktadır (Brunnemann ve ark. 1991, Pryor ve ark. 1993, Mortaz ve ark. 2011). ROS ve RNS'ler nispeten kısa ömürlüdür, ancak sigara dumanındaki daha stabil maddeler (örneğin aldehitler, ketonlar ve nikotin) ROS üretimini artırma potansiyeline sahiptir (Stedman 1968, Jaimes ve ark. 2004). Oksidanlar ve daha stabil bileşikler, akciğerlerde oksidatif stres ve inflamasyonu tetiklemenin yanı sıra, dolaşıma geçerek, maruziyetin gerçekleştiği birincil bölgeden uzak hücre ve dokularda da oksidatif stres ve inflamasyonu başlatabilmektedir (Austin ve ark. 2016). Artan sayıda bilimsel kanıt, sigaranın neden olduğu oksidatif stresin, inflamasyon ve karsinogenez üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir (Andrew ve ark. 2021). Oksidatif stres, kardiyovasküler hastalıklar, nörolojik bozukluklar, yaşlanma gibi çeşitli durumların gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Ames ve ark 1991, Rajaraman ve ark. 2008).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Oksidatif stres, üretilen ve elimine edilen ROS miktarları arasındaki dengenin bozulması sonucunda biriken ROS tarafından oluşturulur (Gorrini ve ark. 2013). ROS, reaktif özelliklere sahip oksijen içeren kimyasallardır. Bunlar arasında süperoksit ve hidroksil serbest radikalleri ile hidrojen peroksit gibi radikal olmayan moleküller de yer alır. (Gorrini ve ark. 2013). Oldukça reaktif moleküllerdir; karbonhidratlar, nükleik asitler, lipitler ve proteinler gibi hücre yapılarına zarar verebilir ve işlevlerini değiştirebilme özelliğine sahiptir (Birben ve ark. 2012). İnsanlarda, ROS seviyelerini düzenleyerek zararlı etkilerini engelleyen enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma mekanizmaları bulunmaktadır (Hayes ve ark. 2005). Süperoksit dismutazlar (SOD), enzimatik antioksidanlardan olup süperoksit radikallerinin detoksifikasyonunda görev alırlar ve oksidatif stres ile mücadelede kritik rol oynarlar (Chidambaram ve ark. 2023). SOD'lar antioksidan aktiviteleri için bir metal kofaktöre ihtiyaç duyarlar. Üç farklı SOD türü vardır: Cu/Zn içeren hücre içi SOD1, Mn içeren mitokondriyal SOD2 ve Cu/Zn içeren hücre dışı SOD3 (Azadmanesh ve Borgstahl, 2018).

Önemli bir sitoplazmik antioksidan enzim olan SOD1, kromozom 21q22'de konumlu *SOD1* geni tarafından kodlanır (Sherman ve ark. 1983). *SOD1* geni, düzenleyici bölgelerinde yer alan çeşitli polimorfik varyantlara sahiptir. Bunlardan biri promotör bölgede, ATG başlangıç kodonunun 1684 baz çifti (bp) yukarısında yer alan 50 bp'lik bir insersiyon/delesyon polimorfizmidir (rs36232792). Bu kısım, çeşitli transkripsiyon faktörleri için bağlanma bölgeleri içerir; bunlar arasında iki SP1, iki C/EBP bağlanma bölgesi ve bir AP2 bölgesi bulunmaktadır (Broom ve ark., 2008). Bu nedenle, 50 bp Ins/Del polimofizm *SOD1* gen ekspresyonunun düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. 50 bp delesyon varyantı azalmış promotör aktivitesi ve düşük SOD1 düzeyleri ile ilişkilendirilmiştir (Broom ve ark. 2008). Sigara içenlerin eritrositlerinde, sigara içmeyenlere kıyasla SOD aktivitelerinde anlamlı bir azalma olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Orhan ve ark 2005). Ancak literatürde sigara bağımlılarında *SOD1* 50 bp Ins/Del polimofizmi durumuna dair herhangi bir veri mevcut değildir. Bu doğrultuda, çalışmamızda sigara içen ve içmeyen bireylerde *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizmi genotip ve allel sıklığı açısından bir farklılık olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmamızda, Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sigara Bırakma Polikliniği'ne başvuran 150 sigara içen birey (80 erkek, 70 kadın) hasta grubu olarak; herhangi bir bağımlılığı olmayan ve sigara içmeyen 150 sağlıklı birey (67 erkek, 83 kadın) ise kontrol grubu olarak yer almıştır. Araştırmamız, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alındıktan sonra başlatılmış olup, tüm katılımcılara çalışma hakkında bilgilendirme yapılmış ve imzalı onamları alınmıştır.

Çalışma kapsamında, katılımcılardan alınan periferik kan örneklerinden elde edilen lökositlerden DNA izolasyonu yapılmıştır. *SOD1* 50 bp Ins/Del varyant analizi, 5-AATTCCTTACCCCTGTTCTA-3 ve Reverse: 5-GGCAGATTTCAGTTCATTGT-3 primer çiftleri kullanılarak, 54°C'lik bağlanma sıcaklığında PCR ile gerçekleştirilmiştir (Soyocak ve ark. 2023). PCR ürünleri, %2,5'lik agaroz jelde, 80V'da en az 1 saat süreyle elektroforez edilmiş ve UV ışığı altında incelenmiştir. Katılımcılara ait genotipler allel bant boylarından (297 bp

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ins varyantı ve 247 bp Del varyantı olmak üzere) yararlanılarak belirlenmiştir (Soyocak ve ark. 2023).

İstatistiksel analizde, anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlenmiştir. Sigara içenler ve sigara içmeyenler arasındaki genotip ve allel dağılımları, ki-kare testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, her iki grupta Hardy-Weinberg dengesine uyum değerlendirilmiştir.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sigara içen ve içmeyen gruplarına ait *SOD1* 50 bp Ins/Del genotip ve allel frekansları karşılaştırılmış ve istatistik açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (sırasıyla p=0,3577 ve p=0,3875) (Çizelge 1).

Ayrıca, sonuçlar Hardy-Weinberg dengesi açısından da değerlendirilmiştir. Sigara içenlerde allel dağılımı Hardy-Weinberg dengesinden sapma gösterirken (p=0.0269), sigara içmeyenlerde sapma gözlemlenmemiştir (p=0.9525).

Çizelge 1. Sigara İçen/Sigara İçmeyen Gruplarına Ait *SOD1* 50 bp Ins/Del Genotip ve Allel Dağılımı.

		Sigara İçen N (%)	Sigara İçmeyen N (%)	p
Genotip	**II**	115 (%76,67)	118 (%78,67)	0,3577
	ID	29 (%19,33)	30 (%20)	
	DD	6 (%4)	2 (%1,33)	
	Toplam	150 (%100)	150 (%100)	
Allel	**I**	259 (%86,33)	266 (%88,67)	0,3875
	D	41 (%13,67)	34 (%11,33)	
	Toplam	300 (%100)	300 (%100)	

SOD1 50 bp Ins/Del varyantlarının cinsiyetlerdeki dağılımları da karşılaştırılmıştır. Genotip ve allel frekanslarının cinsiyetler arasında da benzer olduğu gözlenmiştir (sırasıyla p=0,5908 ve p=0,2939) (Çizelge 2).

Çizelge 2. A.)Kadın ve E.)Erkek Gruplarına Ait *SOD1* 50 bp Ins/Del Genotip ve Allel Dağılımı.
A)

		Kadın N (%)	Erkek N (%)	p
Genotip	**II**	122 (%79,74)	111 (%75,51)	0,5908
	ID	28 (%18,30)	31(%21,09)	
	DD	3 (%1,96)	5 (%3,40)	
	Toplam	153 (%100)	147 (%100)	
Allel	**I**	272 (%88,89)	253 (%86,05)	0,2939
	D	34 (%11,11)	41 (%13,95)	
	Toplam	306 (%100)	294 (%100)	

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

B)

		Sigara İçen N (%)	Sigara İçmeyen N (%)	p
Kadın	**II**	57 (%81,43)	65 (%78,31)	-
	ID	10 (%14,285)	18 (%21,69)	
	DD	3 (%4,285)	0 (%0)	
	Toplam	70 (%100)	83 (%100)	
Erkek	**II**	58 (%72,5)	53 (%79,1)	0,6495
	ID	19 (%23,75)	12 (%17,91)	
	DD	3 (%3,75)	2 (%2,99)	
	Toplam	80 (%100)	67 (%100)	

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Halk sağlığı için önemli bir risk oluşturan sigara bağımlılığı, ülkemizde gün geçtikçe artış göstermektedir (TÜİK, 2022). Sigara bağımlılığının moleküler genetik temellerinin ortaya konulması, bu bağımlılık ile mücadelede önemli bir köşe taşını oluşturmaktadır. Sigara içiciliği, kardiyovasküler hastalıklar, KOAH, immün aracılı inflamatuar hastalıklar ve kanserin de aralarında bulunduğu pek çok ciddi hastalık için bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir (USDHHS, 2014; WHO, 2017). Sigara dumanındaki bileşenlerin hücrelerde oksidatif strese sebep olduğu ve bu oksidatif stresin de inflamasyon ve karsinogenezde kritik bir rol oynadığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Austin ve ark. 2016, Andrew ve ark. 2021). Bu bağlamda, oksidatif strese karşı savunma sağlayan antioksidan mekanizmaların rolü, sigara bağımlılığı ve sigara ile ilişkili hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde kritik bir öneme sahiptir. SOD'lar bu antioksidan mekanizmalardan biridir. Çalışmamızda, bu verilerden yola çıkarak, *SOD1* gen ekspresyonunun düzenlenmesinde etkili olan 50 bp Ins/Del polimorfizminin sigara içme durumu açısından ele alınması amaçlamaktadır.

Sigara bağımlılığıı ve *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizmi ilişkisine dair bir veri mevcut değildir. Bununla birlikte *SOD1* 50 bp Ins/Del polimorfizminin pek çok farklı hastalıkla ilişkisini inceleyen araştırma bulunmaktadır. Hindistan'da yapılan güncel bir çalışma da 50 bp Ins/Del polimorfizmi (rs36232792) ile KOAH gelişimi arasında anlamlı bir ilişkinin tespit edilmediği bildirilmiştir (Kansal ve ark. 2024). İran popülasyonunda yapılan bir çalışma, Del varyantının artmış kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir (Eskandari-Nasab ve ark. 2014). Bipolar bozukluk riski ile 50 bp Ins/Del polimorfizmi arasında ilişki tespit edilmezken, Del/Del genotipi erken başlangıç yaşı ile ilişkili bulunmuştur (Kordestanian ve Saadat 2017). Yapılan bir çalışmada Del/Del genotipi artmış preeklemsi riski ile ilişkilendirilmiştir (Namdari ve Saadat 2021). Mesane kanseri ile ilişkisini araştıran bir çalışma verilerine göre Del alleli artmış mesane kanseri riski ile ilişkili bulunmuştur (Sarabandi ve ark. 2022). Del alleli yapılan başka bir çalışmada katarakt riski ile ilişkilendirilmiştir (Kohan ve ark. 2024).

SOD1 50bp Ins/Del polimorfizmini çeşitli bağımlılıklar açısından değerlendiren çalışmalar da mevcuttur. Yapılan bir çalışmada eroin bağımlılığı ile 50 bp Ins/Del polimorfizminin arasında

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

anlamlı bir ilişki bulunmadığı bildirilmiştir (Saify ve Saadat 2017). Bir diğer çalışmada 50bp Ins/Del polimorfizminin afyon ve metamfetamin bağımlılığı riski ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir (Saify ve Saadat 2018). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da sigara bağımlılığı ve 50bp Ins/Del polimorfizmi arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

Sonuç olarak; çalışmamız SOD1 50 bp Ins/Del polimorfizmini sigara içme durumu açısında inceleyen ilk araştırma olma özelliği taşımaktadır. Elde ettiğimiz bulgular, sigara içen ve içmeyen bireyler arasında SOD1 50 bp Ins/Del polimorfizminin genotip ve allel frekanslarında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, sigara içenlerde allel dağılımının Hardy-Weinberg dengesinden sapma göstermesi, bu polimorfizmin sigara içme durumu ile potansiyel ilişkisini işaret etmektedir. Bu durum, daha geniş örneklem grupları ve diğer genetik polimorfizmlerle birlikte yapılacak ileri düzey çalışmalara olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

Türkiye Sağlık Araştırması, 2022. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Turkiye-Saglik-Arastirmasi-2022-49747 30.11.2024

U.S. Department of Health and Human Services. Eliminating Tobacco-Related Disease and Death: Addressing Disparities—A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, 2024.

The US Surgeon General, The health consequences of smoking - 50 years of progress: A report of the Surgeon General, US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, 2014. http://www.surgeongeneral.gov/library/reports/50-years-of progress/ Author Manuscript

World Health Organization (WHO), WHO report on the global tobacco epidemic, 2017: Monitoring tobacco use and prevention policies, Geneva, Switzerland, 2017. Licence: CC BY NC-SA.

Centers for Disease Control and Prevention. Chronic obstructive pulmonary disease among adults—United States, 2011. Morbidity and Mortality Weekly Report 2012;61(46):938–43.

Brunnemann K.D., Hoffmann D. Analytical studies on tobacco-specific N-nitrosamines in tobacco and tobacco smoke. Crit. Rev. Toxicol. 1991;21:235–240.

*Pryor, W. A. & Stone, K. Oxidants in cigarette smoke. Radicals, hydrogen peroxide, peroxynitrate, and peroxynitrite. Ann N Y Acad Sci**686**, 12–27; discussion 27–18 (1993).*

Mortaz E., Masjedi M.R., Rahman I. Outcome of Smoking Cessation on Airway Remodeling and Pulmonary Inflammation in COPD Patients. Tanaffos. 2011;10:7–11.

Stedman RL. The chemical composition of tobacco and tobacco smoke. Chem Rev. 1968;68:153–207. doi: 10.1021/cr60252a002.

Jaimes EA, DeMaster EG, Tian RX, Raij L. Stable compounds of cigarette smoke induce endothelial superoxide anion production via NADPH oxidase activation. Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology. 2004;24:1031–1036.

Austin V, Crack PJ, Bozinovski S, Miller AA, Vlahos R. COPD and stroke: are systemic inflammation and oxidative stress the missing links? Clin Sci (Lond) 2016;130:1039–1050.

Andrew W. Caliri, Stella Tommasi, Ahmad Besaratinia. Relationships among smoking, oxidative stress, inflammation, macromolecular damage, and cancer. Mutat Res. 2021 ; 787: 108365.

Ames BN, Gold LS. Endogenous mutagens and the causes of aging and cancer. Mutat Res. 1991;250:3–16. doi: 10.1016/0027-5107(91)90157-j.

Rajaraman P, Hutchinson A, Rothman N, et al. Oxidative response gene polymorphisms and risk of adult brain tumors. Neuro Oncol. 2008;10:709–715.

Gorrini, C., Harris, I. S., & Mak, T. W. (2013). *Modulation of oxidative stress as an anticancer strategy. Nature Reviews Drug Discovery, 12(12), 931–947.*

Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O, Oxidative stress and antioxidant defense, World Allergy Organ J, 5 (2012) 9–19.

Hayes JD, Flanagan JU, Jowsey IR, Glutathione transferases, Annual review of pharmacology and toxicology, 45 (2005) 51–88.

Chidambaram SB, Anand N, Varma SR, Ramamurthy S, Vichitra C, Sharma A, Mahalakshmi AM, Essa MM. Superoxide dismutase and neurological disorders. IBRO Neurosci Rep. 2024 Jan 23;16:373-394.

Azadmanesh J., Borgstahl G. A Review of the Catalytic Mechanism of Human Manganese Superoxide Dismutase. Antioxidants. 2018;7:25.

Sherman, L., Dafni, N., Lieman-Hurwitz, J., Groner, Y. Nucleotide sequence and expression of human chromosome 21-encoded superoxide dismutase mRNA. Proc. Nat. Acad. Sci. 80: 5465-5469, 1983.

W.J. Broom, M. Greenway, G. Sadri-Vakili, C. Russ, K.E. Auwarter, K.E. Glajch, N. Dupre, R.J. Swingler, S. Purcell, C. Hayward, P.C. Sapp. 50bp deletion in the promoter for superoxide dismutase 1 (SOD1) reduces SOD1 expression in vitro and may correlate with increased age of onset of sporadic amyotrophic lateral sclerosis. Amyotroph Lateral Scler., 9 (4) (2008 Jan 1), pp. 229-237

Soyocak, A., Doganer, F., Duzgun Ergun, D., Budak, M., Turgut Coşan, D., & Ozgen, M. Evaluation of relationship between SOD1 50-bp deletion gene polymorphism, Cu, Zn level, and viscosity in postmenopausal osteoporosis patients with vertebral fractures, Biological Trace Element Research, 201(2), 2023

Kansal, H., Chopra, V., Garg, K., & Sharma, S. (2024). Genetic variations in the antioxidant genes and their role in modulating susceptibility towards chronic obstructive pulmonary disease in the North Indian population. *Free Radical Biology and Medicine*, *223*, 118-130.

Eskandari-Nasab E, Kharazi-Nejad E, Nakhaee A, Afzali M, Tabatabaei SP, Tirgar-Fakheri K, Hashemi M. 50-bp Ins/Del polymorphism of SOD1 is associated with increased risk of cardiovascular disease. Acta Med Iran. 2014;52(8):591-5. PMID: 25149881.

Kordestanian, N., & Saadat, M. (2017). A 50-bp Ins/Del polymorphism at the promoter region of the superoxide dismutase-1 and bipolar disorder type 1. *Nordic journal of psychiatry*, *71*(8), 570-573.

Namdari S, Saadat M. Susceptibility to preeclampsia is associated with a 50-bp insertion/deletion polymorphism at the promoter region of the *SOD1* gene. J Turk Ger Gynecol Assoc. 2021 Dec 6;22(4):268-272. doi: 10.4274/jtgga.galenos.2021.2021.0005. PMID: 34866367; PMCID: PMC8666992.

Sarabandi S, Effatpanah H, Sereshki N, Samavarchi Tehrani S, Moradi-Sardareh H. 50-bp insertion/deletion polymorphism of the superoxide dismutase-1 is associated with bladder cancer risk in an Iranian population. Nucleosides Nucleotides Nucleic Acids. 2022;41(2):154-165.

Kohan, L., Sharghi, S., & Karimi, A. (2024). SIRT1 rs7895833 and SOD1-50bp ins/del Gene vVariations in Age-Related Cataract Patients: A Case-Control Study. *Personalized Medicine Journal*, *9*(32), 16-22.

Saify K, Saadat M. Influence of a 50bp Ins/Del polymorphism at promoter of the superoxide dismutase-1 on gene expression and risk of heroin dependency. Environ Health Prev Med. 2017 Mar 15;22(1):4. doi: 10.1186/s12199-017-0617-8. PMID: 29165112; PMCID: PMC5661911.

Saify, K., & Saadat, M. (2018). Association Between a 50bp Ins/Del Genetic Variation at Promoter of the Superoxide Dismutase-1 (SOD1) and the Risk of Dependency to Opium and Methamphetamine. *Acta Medica Iranica*, 635-639.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PLASMODİUM VİVAX'IN MİKROSATELLİTLERLE GENOTİPLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Nebiye YENTÜR DONİ

Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Bilimler Bölümü Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

E-mail: n_doni@harran.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0383-4970

Dr. Öğr. Üyesi Gülcan GÜRSES

Harran Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

E-mail: ggurses@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-8569-9863

ÖZET

Sıtma, çoğunlukla subtropikal ülkelerde görülen *Plasmodium* ile infekte dişi anofellerin ısırıkları sonucu insanlara bulaşan ve yaşamı tehdit eden önemli bir enfeksiyöz hastalıktır. İnsanlarda sıtmaya neden olan beş parazit türünden ikisi *Plasmodium falciparum* ve *Plasmodium vivax* insanlar için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. DSÖ'ye göre dünyada, 2023 yılında tahmini 263 milyon sıtma vakasının olduğu ve 83 ülkede 597.000 sıtma ölümünün gerçekleştiği bildirilmektedir. Türkiye'de 2021'de yurtdışı kaynaklı 210 sıtma vakası tespit edilmiştir. Sıtma vakaların tespit edilerek doğru tanı konulması ve tedavi edilmesi ile sıtmanın yayılımı önlenebilir. Sıtma tanısında genellikle kullanılan direkt mikroskobi, parazit miktarının yüksek olduğu durumlarda yeterli olmaktadır. Parazitin türü, miktarının düşük olması, parazit incelemesi yapan uzmanların ihmali, kan yaymalarının hazırlanması ve boyanması sırasında yapılan hatalar bazen geleneksel tanı yöntemlerinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Moleküler yöntemler bu konuda destekleyici ve tamamlayıcı bir tanı yöntemi olarak eksiklikleri gidermektedir. Parazit suşlarının lokal ya da global epidemiyolojisini anlamak için parazit farklılıklarını ve alt türlerini tanımlamak bir zorunluluktur. Son yıllarda sürekli gelişen moleküler genotiplendirme yöntemleri olmasına rağmen, genellikle 2-10 baz çifti tekrarlı (tandem repeated) nükleotid dizilerine sahip ko-dominant, polimorfik ya da yüksek düzeyde allelik varyasyon gösteren DNA lokusları olarak tanımlanan mikrosatellitler, ökaryotik mikroorganizmaların genetik çalışmalarında en önemli ve bilgi verici moleküler belirteç olarak yerini korumaya devam etmektedir.

Son zamanlarda, *P. vivax* popülasyonlarının genotiplendirilmesinde mikrosatellitlerin kullanıldığı güvenilir yöntemler geliştirilmiştir. *P. vivax*'ın mikrosatellit belirteçleri kullanılarak genotiplenmesi, parazit popülasyonlarının karşılaştırılmasına olanak sağlayan araştırmaların yolunu açmıştır. Bu araştırmada, *P.vivax* genotiplenmesinde, ilaç direnci, fenotip çalışmalarında, relaps, nüks ve yeniden enfeksiyon arasındaki genetik farkı ayırt etmede en sık kullanılan ve yarar sağlayan mikrosatellitler (MS7, MS1, MS8, MS5MS3, MS10, MS12, MS20 vs) ve önemi vurgulanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: Malaria, *Plasmodium vivax*, mikrosatellitler, genotipleme

ABSTRACT

GENOTYPING of PLASMODIUM VIVAX USING MICROSATELLITES

Malaria is a significant infectious disease that threatens human life, transmitted to human through the bites of female Anopheles mosquitoes infected with *Plasmodium*. It is seen mostly in subtropical countries. Two of the five malaria parasites, *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* that cause malaria in humanis the greatest threat for human. According to the World Health Organization (WHO), it is reported that there were an estimated 263 million cases of malaria worldwide in 2023, with 597,000 malaria deaths occurring in 83 countries. In Turkey, 210 malaria cases of foreign origin were detected in 2021. The spread of malaria can be prevented by detecting malaria cases, making an accurate diagnosis, and providing treatment. Direct microscopy, commonly used in malaria diagnosis, is usually sufficient when parasite levels are high. However, traditional diagnostic methods might be insufficient due to the the low quantity of parasite species, the neglect of experts during analysing parasites, identification, preparing and staining blood smears, Molecular methods address the limitations of traditional diagnostic techniques, serving as a supportive and complementary diagnostic technique. it is essential to identify parasite variations and subspecies to understand the local or global epidemiology of parasite species. Despite the continuous development of molecular genotyping methods in recent years, microsatellites, Despite the continuously developing molecular genotyping methods in recent years, microsatellites, which are generally defined as co-dominant, polymorphic, or exhibiting high levels of allelic variation with 2-10 base pair repetitive (tandem repeated) nucleotide sequences, remain one of the most important and informative molecular markers in the genetic studies of eukaryotic microorganisms. Recently, reliable methods have been developed for the genotyping of *P. vivax* populations using microsatellites [3, 4, 5]. The genotyping of *P. vivax* using microsatellite markers has paved the way for research that allows for the comparison of parasite populations [3]. In this study, the most commonly used and beneficial microsatellites (MS7, MS1, MS8, MS5, MS3, MS10, MS12, MS20, etc.) in *P. vivax* genotyping are highlighted, especially in relation to their use in drug resistance, phenotypic studies, and distinguishing genetic differences between relapse, recrudescence, and reinfection.

Key words: Malaria, *Plasmodium vivax*, microsatellites, genotyping

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PLASMODİUM VİVAX'IN MİKROSATELLİTLERLE GENOTİPLENDİRİLMESİ

1. GİRİŞ

Sıtma, çoğunlukla subtropikal ülkelerde görülen *Plasmodium* ile infekte dişi anofellerin ısırıkları sonucu insanlara bulaşan ve yaşamı tehdit eden önemli bir enfeksiyöz hastalıktır. İnsanlarda sıtmaya neden olan beş parazit türünden ikisi *Plasmodium falciparum (P. falciparum)* ve *Plasmodium vivax (P. vivax)* insanlar için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. DSÖ'ye göre dünyada, 2023 yılında tahmini 263 milyon sıtma vakasının olduğu ve 83 ülkede 597.000 sıtma ölümünün gerçekleştiği bildirilmektedir. Türkiye'de 2021'de yurtdışı kaynaklı 210 sıtma vakası tespit edilmiştir. Sıtma vakaların tespit edilerek doğru tanı konulması ve tedavi edilmesi ile sıtmanın yayılımının önlenebileceği düşünülmektedir. Sıtma tanısında genellikle kullanılan direkt mikroskobi, parazit miktarının yüksek olduğu durumlarda yeterli olmaktadır. Parazitin türü, miktarının düşük olması, parazit mikroskobiktin ihmali, kan yaymalarının hazırlanması ve boyanması sırasında yapılan hatalar bazen geleneksel tanı yöntemlerinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Moleküler yöntemler bu konuda destekleyici ve tamamlayıcı bir tanı yöntemi olarak eksiklikleri gidermektedir. Parazit suşlarının lokal ya da global epidemiyolojisini anlamak için parazit farklılıklarını ve alt türlerini tanımlamak bir zorunluluktur. Son yıllarda sürekli gelişen moleküler genotiplendirme yöntemleri olmasına rağmen, genellikle 2-10 baz çifti tekrarlı (tandem - repeated) nükleotid dizilerine sahip ko-dominant, polimorfik ya da yüksek düzeyde allelik varyasyon gösteren DNA lokusları olarak tanımlanan mikrosatellitler, ökaryotik mikroorganizmaların genetik çalışmalarında en önemli ve bilgi verici moleküler belirteç olarak yerini korumaya devam etmektedir (1, 2). Mikrosatellitler, sıtma parazitlerinin genomik, genetik haritalama araştırmalarında, laboratuvar çaprazlamalarında ve genomlar arası ilişkinin araştırılmasında, ilaç direnci ve virülans gibi fenotiplerin araştırılmasında, klinik denemelerde tedavi başarısızlıkları ile yeni enfeksiyonlar arasındaki ayrımın yapıldığı çalışmalarda giderek artan önemiyle daha fazla kullanılmaktadır.

Son zamanlarda, *P. vivax* popülasyonlarının genotiplendirilmesinde mikrosatellitlerin kullanıldığı güvenilir yöntemler geliştirildiği bildirilmektedir (3-5). *P. vivax*'ın mikrosatellit belirteçleri kullanılarak genotiplenmesi, parazit popülasyonlarının karşılaştırılmasına olanak sağlayan araştırmaların yolunu açmıştır (3). Bu araştırmada, *P. vivax* genotiplendirmesinde en sık kullanılan mikrosatellitler ve önemi vurgulanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Web of Science'ta 2003-2024 yılları arasında yayımlanan, anahtar kelimelerinde malarya, *P.vivax*, mikrosatellitler ve genotiplendirme bulunan 37 makale araştırılmıştır. Bu makaleler içerisinde, *P.vivax* genotiplendirmesinde ilk defa kullanılan mikrosatellitler ve bu makaleleri referans alan ve aynı mikrosatellit grubunu kullanan 25 makale yer almaktadır.

Büyük ölçekli ve çok genli *P. vivax* genomun varyasyonun araştırıldığı çalışmada *P. vivax*'ın oldukça polimorfik bir genoma sahip olduğu ve bunun ilaç ve aşı geliştirilmesi için bazı zorluklar oluşturabileceği belirtilmektedir. Aynı çalışmada, tek nükleotid polimorfizm (SNP)

'lerin *P. vivax* genomunda, *P. falciparum* genomuna göre daha yüksek sıklıkta bulunduğu görülmektedir. Aynı çalışmada, *P. vivax* genomunun polimorfik tandem tekrarları açısından zengin olduğu ve yaklaşık her 3 kb'de bir polimorfik tandem bulunduğu tespit edilmiştir (6). *P. vivax* mikrosatellitleri daha az yaygın olmasına rağmen, tek mikrosatellit sekans çalışmasının yüksek derecede allelik çeşitlilik gösterdiği rapor edilmiştir (7). Şaşırtıcı bir şekilde Leclerc ve ark. tarafından 13 mikrosatellitin çalışıldığı çalışmada sadece bir mikrosatellit polimorfik bulunmuştur. Replikasyon sırasında DNA polimerazda oluşan kayma mikrosatellit polimorfizmlerinin arkasındaki mekanizma olup, mutasyonların çok yüksek bir oranda meydana gelmesine neden olmaktadır (8). Leclerc ve ark. yapmış olduğu çalışmanın aksine, Hindistan, Tayland, Laos ve Kolombiya'dan *P. vivax* izolatlarında yüksek polimorfizme sahip mikrosatellit gruplarının tanımlandığı çalışmalar mevcuttur (5, 9). *P. vivax*'ta mikrosatellit çeşitliliğinin istisna değil, kural olduğu ve de çeşitlilik düzeylerindeki farkların olmasının nedenin tekrar dizisinin toplam uzunluğu olduğu bildirilmektedir (5, 9).

Russel ve ark. yapmış olduğu çalışmada, *P. vivax*'taki mikrosatellitlerin oldukça polimorfik olabileceğini ve bu türün popülasyon yapısını ve bulaşma dinamiklerini araştırmada önemli bir araç olabileceği, ancak, çalışma planlandığında tandem uzunluğunun dikkatlice göz önünde bulundurulmasının gerekliliği bildirilmektedir (10). Whole genom mikrosatellit amplifikasyonu için uygun bir kalıp olduğu bulgusu, bu türün daha ileri genetik çalışmaları için ışık vericidir.

Karunaweera ve ark. 2007 yılında yaptıkları çalışmada, insanlarda sıtmaya neden olan *P.vivax* için hepsi üçlü veya tetranükleotid tekrarlarından oluşan 14 polimorfik mikrosatellit (MS1, MS2, MS3, MS4, MS5, MS6, MS7, MS8, MS9, MS10, MS12, MS15, MS16, MS20) gruplarının optimize edildiği bildirilmiştir (4).

Karunaweera ve ark. 2008 yılında yayımladıkları makalede, *P. vivax*'teki mikrosatellitlerin yüksek derecede polimorfik olabileceği ve bu türün popülasyon yapısı ve bulaşma dinamiklerini araştırmak için değerli bir araç oluştuğu belirtilmektedir (11).

P. vivax 14 mikrosatellit DNA lokusunun çalışıldığı başka bir çalışmada, *P. vivax* mikrosatellit DNA'sını kullanarak yapılan moleküler epidemiyolojinin, parazit bulaşma dinamikleri ve popülasyon yapısının zaman içindeki değişiminin değerlendirilmesinde etkili olacağı ve sıtma endemik bölgelerde *P. vivax* sıtmasının ortadan kaldırılmasına yarar sağlayacağı bildirilmektedir (12).

P. vivax için, daha önce tanımlanan 10 potansiyel nötr mikrosatellitin (MS1, MS2, MS5, MS6, MS7, MS9, MS10, MS12, MS15 ve MS20) genotiplendirildiği başka bir çalışmada iller arasında genetik farklılaşmanın zamanla artmasına rağmen, herhangi bir zaman diliminde anlamlı bir popülasyon yapısı gözlemlenmediği, bulaşmanın azaldığı erken dönemlerde geleneksel epidemiyolojik araçlara ek olarak mikrosatellitlerin yararlı olacağı bildirilmektedir (13). *Plasmodium vivax* genotipleme belirteçlerinin araştırıldığı başka bir çalışmada, en yüksek genetik çeşitliliği gösteren mikrosatellitler sırasıyla 66 ve 31 farklı alel ile MS16 ve Pv3.27 bulunmuştur (14).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

P. vivax genotiplendirilmesinde en sık kullanılan mikrosatellitlerin yer aldığı çalışmalar çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. P.*vivax*'ın genotiplendirilmesinde en sık kullanılan mikrosatellitler

Referans Numaraları																
NO	Lokus	(1)	(3)	(5)	(15)	(16)	(7)	(17)	(9)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)
1	MS1	X	X		X	X		X		X	X	X				X
2	MS2				X	X		X			X	X				X
3	MS3	X			X	X		X			X	X		X		X
4	MS4	X			X	X		X		X	X	X				
5	MS5	X	X		X	X		X		X	X	X		X		
6	MS6	X			X	X				X	X	X				
7	MS7	X	X		X	X		X		X	X	X		X		X
8	MS8	X			X	X	X	X		X	X	X				X
9	MS9	X			X	X	X			X	X	X				
10	MS10	X			X	X		X			X	X		X		X
11	MS11													X		
12	MS12	X			X	X	X	X		X	X	X				
13	MS14						X									
14	MS15	X			X	X		X		X	X	X				
15	MS16				X	X	X	X			X					
16	MS20	X			X	X		X		X	X	X				X
17	3.27		X	X												
18	13.239			X												
19	11.162			X												
20	6.34		X	X					X							
21	8.504		X	X												
22	3.503			X												
23	14.297			X												
24	1.501		X	X											X	
25	3.502		X	X											X	
26	14.185								X							
27	12.335								X							
28	7.67								X							
29	NA1276								X							
30	NA2208								X							
31	4.2771								X							
32	8.332								X							
33	2.21								X							
34	10.29								X							
35	3.35								X							
36	PvMS1												X			
37	PvMS2												X			
38	PvMS3												X	X		
39	PvMS4												X			
40	PvMS5												X	X		
41	PvMS6												X			
42	PvMS7												X	X		
43	PvMS8												X			
44	PvMS9												X			
45	PvMS10												X	X		
46	PvMS11												X	X		

Çalışmalarda ki toplam mikrosatellit tür sayısı	12	8	9	9	14	5	12	11	10	14	13	11	10	2	7

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

P.vivax mikrosatellitlerinin yer aldığı çalışmalar, bol miktarda SNP ve polimorfik tandem tekrarlar içeren genetik çeşitliliğe sahip bir tür olarak ortaya çıkan *P. vivax* popülasyonlarının daha ileri genetik karakterizasyonunda mikrosatellitlerin yararlı araçlar olabileceği ifade edilmektedir. Bunlara ilaveten bu polimorfik tekrarların kolayca amplifiye edilebilmesi, agaroz jelde görüntülenebilmesi, bu belirteçleri *P. vivax*'in endemik olduğu bölgelerdeki laboratuvarlarda kullanışlı hale getirmektedir. *P.vivax* mikrosatellitlerinin gelecekteki değeri, belirli fenotipik özellikleri tanımlarken ya da yerel popülasyon dinamikleri ve alt yapıları incelerken bir izolatın haplotipinin tanımlanma yeteneğine dayanmaktadır. *P. vivax* malaryasında ilaç tedavisinin başarısız olduğu durumda mikrosatellitlerin relaps, rekrüdesens ve reinfeksiyon ayrımında yarar sağlayacacağı belirtilmiştir. Yüksek oranda polimorfik mikrosatellitler, genotiplendirme analizlerinin temelini oluşturmakta ve yüksek genetik çeşitlilik düzeylerini ve çoklu klon enfeksiyonlarını ortaya koymaktadır (7, 9, 11, 16) ve ülke içinde lokal sıtma salgınlarının haritalanmasında faydalı olmuştur (17, 25).

KAYNAKÇA

1. Orjuela-Sanchez P, Sa JM, Brandi MC, Rodrigues PT, Bastos MS, Amaratunga C, et al. Higher microsatellite diversity in Plasmodium vivax than in sympatric Plasmodium falciparum populations in Pursat, Western Cambodia. Exp Parasitol. 2013;134(3):318-26.
2. Guichoux E, Lagache L, Wagner S, Chaumeil P, Léger P, Lepais O, et al. Current trends in microsatellite genotyping. Mol Ecol Resour. 2011;11(4):591-611.
3. Thanapongpichat S, McGready R, Luxemburger C, Day NPJ, White NJ, Nosten F, et al. Microsatellite genotyping of Plasmodium vivax infections and their relapses in pregnant and non-pregnant patients on the Thai-Myanmar border. Malaria Journal. 2013;12.
4. Karunaweera N, Ferreira M, Hartl D, Wirth D. Fourteen polymorphic microsatellite DNA markers for the human malaria parasite Plasmodium vivax. Mol Ecol Notes. 2007;7:172-5.
5. Imwong M, Nair S, Pukrittayakamee S, Sudimack D, Williams JT, Mayxay M, et al. Contrasting genetic structure in Plasmodium vivax populations from Asia and South America. Int J Parasitol. 2007;37(8-9):1013-22.
6. Feng X, Carlton JM, Joy DA, Mu J, Furuya T, Suh BB, et al. Single-nucleotide polymorphisms and genome diversity in Plasmodium vivax. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003;100(14):8502-7.
7. Gomez JC, McNamara DT, Bockarie MJ, Baird JK, Carlton JM, Zimmerman PA. Identification of a polymorphic Plasmodium vivax microsatellite marker. Am J Trop Med Hyg. 2003;69(4):377-9.

8. Leclerc MC, Durand P, Gauthier C, Patot S, Billotte N, Menegon M, et al. Meager genetic variability of the human malaria agent Plasmodium vivax. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004;101(40):14455-60.
9. Imwong M, Sudimack D, Pukrittayakamee S, Osorio L, Carlton JM, Day NP, et al. Microsatellite variation, repeat array length, and population history of Plasmodium vivax. Molecular biology and evolution. 2006;23(5):1016-8.
10. Russell B, Suwanarusk R, Lek-Uthai U. Plasmodium vivax genetic diversity: microsatellite length matters. Trends Parasitol. 2006;22(9):399-401.
11. Karunaweera ND, Ferreira MU, Munasinghe A, Barnwell JW, Collins WE, King CL, et al. Extensive microsatellite diversity in the human malaria parasite Plasmodium vivax. Gene. 2008;410(1):105-12.
12. Iwagami M, Hwang SY, Kim SH, Park SJ, Lee GY, Matsumoto-Takahashi ELA, et al. Microsatellite DNA Analysis Revealed a Drastic Genetic Change of Plasmodium vivax Population in the Republic of Korea During 2002 and 2003. Plos Neglected Tropical Diseases. 2013;7(10).
13. Kattenberg JH, Razook Z, Keo R, Koepfli C, Jennison C, Lautu-Gumal D, et al. MonitoringPlasmodium falciparumandPlasmodium vivaxusing microsatellite markers indicates limited changes in population structure after substantial transmission decline in Papua New Guinea. Molecular Ecology. 2020;29(23):4525-41.
14. Koepfli C, Mueller I, Marfurt J, Goroti M, Sie A, Oa O, et al. Evaluation of Plasmodium vivax Genotyping Markers for Molecular Monitoring in Clinical Trials. The Journal of Infectious Diseases. 2009;199(7):1074-80.
15. Karunaweera ND, Ferreira MU, Hartl DL, Wirth DF. Fourteen polymorphic microsatellite DNA markers for the human malaria parasite Plasmodium vivax. Mol Ecol Notes. 2007;7(1):172-5.
16. Ferreira MU, Karunaweera ND, da Silva-Nunes M, da Silva NS, Wirth DF, Hartl DL. Population structure and transmission dynamics of Plasmodium vivax in rural Amazonia. J Infect Dis. 2007;195(8):1218-26.
17. Gunawardena S, Karunaweera ND, Ferreira MU, Phone-Kyaw M, Pollack RJ, Alifrangis M, et al. Geographic structure of Plasmodium vivax: microsatellite analysis of parasite populations from Sri Lanka, Myanmar, and Ethiopia. Am J Trop Med Hyg. 2010;82(2):235-42.
18. Iwagami M, Fukumoto M, Hwang SY, Kim SH, Kho WG, Kano S. Population structure and transmission dynamics of Plasmodium vivax in the Republic of Korea based on microsatellite DNA analysis. PLoS Negl Trop Dis. 2012;6(4):e1592.
19. Iwagami M, Hwang SY, Kim SH, Park SJ, Lee GY, Matsumoto-Takahashi EL, et al. Microsatellite DNA analysis revealed a drastic genetic change of Plasmodium vivax population in the Republic of Korea during 2002 and 2003. PLoS Negl Trop Dis. 2013;7(10):e2522.
20. Karunaweera ND, Ferreira MU, Munasinghe A, Barnwell JW, Collins WE, King CL, et al. Extensive microsatellite diversity in the human malaria parasite Plasmodium vivax. Gene. 2008;410(1):105-12.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

21. Rezende AM, Tarazona-Santos E, Fontes CJ, Souza JM, Couto AD, Carvalho LH, et al. Microsatellite loci: determining the genetic variability of Plasmodium vivax. Trop Med Int Health. 2010;15(6):718-26.
22. Carlton JM, Adams JH, Silva JC, Bidwell SL, Lorenzi H, Caler E, et al. Comparative genomics of the neglected human malaria parasite Plasmodium vivax. Nature. 2008;455(7214):757-63.
23. Schousboe ML, Ranjitkar S, Rajakaruna RS, Amerasinghe PH, Konradsen F, Morales F, et al. Global and local genetic diversity at two microsatellite loci in Plasmodium vivax parasites from Asia, Africa and South America. Malar J. 2014;13:392.
24. Menegon M, Bardají A, Martínez-Espinosa F, Bôtto-Menezes C, Ome-Kaius M, Mueller I, et al. Microsatellite Genotyping of Plasmodium vivax Isolates from Pregnant Women in Four Malaria Endemic Countries. PLOS ONE. 2016;11(3):e0152447.
25. Karunaweera ND, Galappaththy GNL, Wirth DF. On the road to eliminate malaria in Sri Lanka: lessons from history, challenges, gaps in knowledge and research needs. Malaria Journal. 2014;13(1):59.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CANDİDA ALBİCANS'A KARŞI ALOE VERA BİTKİ EKSTRAKTLARININ ANTİFUNGAL ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Gülcan GÜRSES
Harran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü
E-posta : ggurses@hotmail.com- ORCID:0000-0002-8569-9863

Prof. Dr. Nebiye YENTÜR DONİ
Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji ABD
E-posta: n_doni@hotmail- ORCID: 0000-0002-0383-4970

ÖZET

Candida albicans, yüzeyel ve sistemik enfeksiyonlara neden olabilen bir mantar türüdür. Özellikle immün sistemin zayıflamasıyla birlikte hastane enfeksiyonlarına ve fırsatçı enfeksiyonlara sebep olabilmektedir. Antifungal tedavi alan hastalarda direnç gelişiminin artış göstermesiyle birlikte bitkisel içeriklerin antimikrobiyal etkinliklerinin saptanmasıyla ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Aloe vera bitkileri geleneksel tedavide antienflamatuvar, antibakteriyel, antioksidan, yara iyileştirici ve laksatif etkileri nedeniyle birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Aloe vera bitki ekstraktlarının *Candida albicans* üzerinde antifungal etkisinin belirlenmesi amacıyla minimum inhibitör konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Aloe vera bitkileri hekzan, etanol, aseton ve etil asetat çözücüleri kullanılarak maserasyona tabi tutulmuştur. Ekstraktların konsantrasyonu 16 mg/ml olacak şekilde distile su ile ayarlanmıştır. *Candida albicans* (ATCC 10231) suşu sabouroud dekstroz agar besiyerinde üretilerek yoğunluğu 0.5 McFarland olacak şekilde *Candida albicans* süspansiyonu ayarlanmıştır. 96 kuyucuklu mikropleytte tüm kuyucuklara 100 µl RPMI 1640 sıvı besiyeri ve hazırlanan bitki ekstraktlarından eklenerek son konsantrasyonlar 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 µg/ml olacak şekilde seri dilüsyonlar yapılmıştır. 0.5 McFarland yoğunluğunda hazırlanan *Candida albicans* süspansiyonundan her kuyucuğa 50 µl eklenmiştir. Mikropleytler 24-48 saat boyunca 37°C'de etüvde inkübe edildikten sonra Candida üremesinin görülmediği son kuyucuk konsantrasyonu minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) olarak değerlendirilmiştir.

Farklı çözücülerle hazırlanan bitki ekstraktlarının *Candida albicans* üzerindeki minimum inhibitör konsantrasyonları incelendiğinde, etanol, etil asetat, aseton ve hekzan ekstraktı için 500 µg/ml MİK değeri saptandığı görülmüştür. Hazırlanan ekstraktların *Candida albicans*'a karşı antifungal etki gösterdiği saptanmıştır. Aloe vera bitkisiyle yapılacak farklı çalışmalarla birlikte, bu bitkilerin antifungal ajan olarak yeni kullanım alanları bulabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aloe vera, Candida albicans, Antifungal etki

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ANTIFUNGAL EFFECT OF ALOE VERA PLANT EXTRACTS AGAINST CANDIDA ALBİCANS

ABSTRACT

Candida albicans is a fungal species that can cause superficial and systemic infections. It can cause nosocomial infections and opportunistic infections, especially in patients with weakened immune system. Due to the increase in the development of resistance in patients receiving antifungal treatment, studies on the determination of antimicrobial activity of herbal ingredients have increased. Aloe vera plants are used in traditional treatment in many areas due to their anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant, wound healing and laxative effects.

In this study, it was aimed to determine the minimum inhibitory concentrations of Aloe vera plant extracts to determine their antifungal effect on Candida albicans. Aloe vera plants were macerated using hexane, ethanol, acetone and ethyl acetate solvents. The concentration of the extracts was adjusted to 16 mg/ml with distilled water. Candida albicans (ATCC 10231) strain was grown on sabouroud dextrose agar medium and Candida albicans suspension was adjusted to a density of 0.5 McFarland. In a 96-well microplate, 100 µl of RPMI 1640 liquid medium and prepared plant extracts were added to all wells and serial dilutions were made with final concentrations of 62.5, 125, 250, 500, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 µg/ml. 50 µl of Candida albicans suspension prepared at 0.5 McFarland density was added to each well. After incubating the microplates in an oven at 37°C for 24-48 hours, the last well concentration in which no Candida growth was observed was evaluated as the minimum inhibitory concentration (MIC).

When the minimum inhibitory concentrations of plant extracts prepared with different solvents on Candida albicans were examined, it was observed that 500 µg/ml MIC value was determined for ethanol, ethyl acetate, acetone and hexane extracts. The extracts showed antifungal activities against Candida albicans. It is thought that with different studies to be carried out with Aloe vera plants, these plants may find new areas of use as antifungal agents.

Key words: Aloe vera, Candida albicans, antifungal effect

1. GİRİŞ

Candida albicans kutanöz ve sistemik enfeksiyonlara sebep olabilen önemli bir mantar türüdür. Flora dengesinin bozulması ve bağışıklık sisteminin zayıflamasıyla birlikte fırsatçı enfeksiyonlara neden olabilmektedir (Mayer ve ark., 2013, Odds, 1987). Kandidiyazis, insanlarda deri, ağız boşluğu (orofaringeal kandidiyazis) yemek borusu (özofageal kandidiyazis), gastrointestinal sistem, vajina ve vasküler sistemin yaygın bir enfeksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır. *Candida*

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

albicans, kanda, merkezi sinir sisteminde, gözlerde, kemiklerde ve iç organlarda yüksek mortaliteyle seyredebilen invazif kandidiyazise yol açabilmektedir (Calderone ve ark., 2001, WHO, 2024).

Özellikle uzun süreli tedavi gerektiren veya antifungal tedavi alan hastalarda antifungal ilaçlara karşı direnç gelişimi giderek daha belirgin hale gelmiştir. Floranın daha dirençli türlere doğru değiştiği düşünülmektedir (Loeffler ve ark., 2003). Son zamanlarda bitkisel bileşenlerin alternatif tedavi seçeneği olarak düşünülmesi, bitkilerin antimikrobiyal ajan olarak etkinliklerinin saptanması çalışmalarını artırmıştır.

Aloe vera bitkileri geleneksel tedavi olarak sağlıkla ilgili pek çok alanda kullanılmaktadır. Aloe vera etli ve dikenli yaprakları olan, çok yıllık bir bitkidir. Aloe vera yapraklarının % 99-99,5'ini su oluştururken; geri kalan katı madde bölümü ise yaklaşık 200 çeşit biyolojik aktif bileşen içermektedir (Upton ve ark., 2012). Aloe vera antienflamatuvar, antibakteriyel, antioksidan, yara iyileştirici ve laksatif etkisi gibi geniş çapta farmakolojik etkileri sayesinde, birçok kullanım alanına sahiptir (Kumar ve ark., 2014). Bu çalışmada Aloe vera bitki ekstraktlarının *Candida albicans* üzerinde antifungal etkisinin belirlenmesi amacıyla minimum inhibitör konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki ekstraktlarının hazırlanması:

Aloe vera bitkileri hekzan, etanol, aseton ve etil asetat çözücüleri kullanılarak maserasyona tabi tutuldu. Ürünler Whatman no 1 filtre kağıdında filtrelendi ve ekstraktlar tartılarak distile su ile konsantrasyon 16 mg/ml olacak şekilde ayarlandı. Aloe vera ekstraktları kullanılana kadar +4 derecede buzdolabında saklandı.

2.2. *Candida albicans*'ın üretilmesi

Çalışmada *Candida albicans* (ATCC 10231) suşu sabouroud dekstroz agar besiyerinde üretilmek üzere 18-24 saat etüvde inkübasyona bırakıldı. Üreyen kültürden özeyle alınan kolonilerle, saline solusyonda yoğunluğu 0.5 McFarland olacak şekilde *Candida albicans* süspansiyonu ayarlandı.

2.3. Mikropleyt mikrodilüsyon testi

U tabanlı 96 kuyucuklu mikropleytte tüm kuyucuklara 100 µl RPMI 1640 sıvı besiyeri eklendi. Hazırlanan bitki ekstraktlarından 100 µl ilk kuyucuğa eklenerek konsantrasyonlar 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 µg/ml olacak şekilde seri dilüsyonlar yapıldı. 0.5 McFarland yoğunluğunda hazırlanan *Candida albicans* süspansiyonundan her kuyucuğa 50 µl eklendi. Mikropleytler 24-48 saat boyunca 37°C'de etüvde inkübe edildi. Candida üremesinin görülmediği son kuyucuk konsantrasyonu minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) olarak değerlendirildi. Kontaminasyon kontrolü için yalnızca bitki ekstraktları kuyucuklara eklendi (negatif kontrol). *Candida albicans* üremesinin kontrolü için RPMI 1640 besiyerine sadece *Candida albicans* inokulasyonları yapıldı (pozitif kontrol).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Aloe vera bitki ekstraktlarının antifungal etkisini değerlendirmek üzere çalışmada 96 kuyucuklu mikropleyt dilüsyon yöntemi ile MİK değerleri saptanmıştır. Farklı çözücülerle hazırlanan bitki ekstraktlarının *Candida albicans* üzerindeki minimum inhibitör konsantrasyonları incelendiğinde, etanol, etil asetat, aseton ve hekzan ekstraktı için 500 µg/ml MİK değeri saptandığı görülmüştür. Farklı çözücülerde hazırlanan Aloe vera ekstraktlarının *Candida albicans*'a karşı saptanan MİK değerleri çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Aloe vera ekstraktlarının antifungal aktivitesi MİK değerleri (µg/ml)

Ekstrakt	**Candida albicans MİK**
Etanol	500 µg/ml
Etil asetat	500 µg/ml
Aseton	500 µg/ml
Hekzan	500 µg/ml

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Aloe vera bitkilerinin antifungal aktivitesinin gösterilmesi için farklı yöntemlerle çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak bitkinin antifungal etkisinin bulunduğu belirtilmiştir. Aloe vera etanol ekstraktı ile yapılan çalışmada müller hinton agar besiyerinde antifungal etki gözlendiği belirtilmiştir (Danish ve ark., 2020). Diğer bir çalışmada *Candida albicans*'a karşı ihibisyon zonu oluşmasında Aloe vera etanol ekstraktının önemli sonuç verdiği bildirilmiştir (Nabila ve ark., 2020). Shilpa ve ark. Aloe vera jel ekstraktının Candida üremesini inhibe ederek etkili inhibisyonu zon çapı oluşturduğunu belirtmişlerdir (Shilpa ve ark., 2020). Farklı bitkilerle *Candida albicans'*a karşı antifungal etkinliğin ölçüldüğü diğer bir çalışmada da aloe vera bitkisinin orta derecede inhibisyon zonu oluşturduğu belirtmiştir (Doddanna ve ark., 2013). Diğer bir çalışmada, aloe vera yaprağı ekstraktının *Candida albicans*'ın büyümesini engellediği belirtilmiş ve Aloe vera yaprağı ekstraktının konsantrasyonunun yükseldikçe, oluşan inhibisyon zon çapının arttığı ve *Candida albicans*'ı inhibe etme kabiliyetinin yükseldiği bildirilmiştir (Huslina, 2017).

Aloe vera bitkilerinin antifungal etkileri saptamaya yönelik farklı yöntemlerle çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada mikrodilüsyon yöntemiyle, Aloe vera bitkilerinin *Candida albicans*'a karşı antifungal etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada Aloe vera bitki ekstraktlarının hazırlandığı tüm çözücülerde MİK değeri 500 µg/ml belirlenmiş ve ekstraktlar *Candida albicans*'a karşı antifungal etkili bulunmuştur. Aloe vera bitkisiyle yapılacak farklı çalışmalarla birlikte, bu bitkilerin antifungal ajan olarak yeni kullanım alanları bulabileceği düşünülmektedir.

.

KAYNAKÇA

[1] Calderone, R. A., & Fonzi, W. A. (2001). Virulence factors of Candida albicans. Trends in microbiology, 9(7), 327-335.

[2] Danish, P., Ali, Q., Hafeez, M. M., & Malik, A. (2020). Antifungal and antibacterial activity of aloe vera plant extract. Biol Clin Sci Res J, 2020(1), 1-8.

[3] Doddanna, S. J., Patel, S., Sundarrao, M. A., & Veerabhadrappa, R. S. (2013). Antimicrobial activity of plant extracts on Candida albicans: An: in vitro: study. Indian Journal of Dental Research, 24(4), 401-405.

[4] Huslina, F. (2017). Pengaruh ekstrak daun lidah buaya (Aloe vera L.) terhadap pertumbuhan jamur Candida albicans secara in vitro. BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan, 5(1), 72-77.

[5] Kumar, S., Yadav, J.P. (2014). Ethnobotanical and pharmacological properties of Aloe vera: a review. Journal of Medicinal Plants Research, 8(48), 1387–1398.

[6] Loeffler, J., & Stevens, D. A. (2003). Antifungal drug resistance. Clinical infectious diseases, 36(Supplement_1), S31-S41.

[7] Mayer, F. L., Wilson, D., & Hube, B. (2013). Candida albicans pathogenicity mechanisms. Virulence, 4(2), 119-128.

[8] Nabila, V. K., & Putra, I. B. (2020). The effect of Aloe vera ethanol extract on the growth inhibition of Candida albicans. Medicinski Glasnik, 17(2), 485-489.

[9] Odds F. C. (1987). Candida infections: an overview. Critical reviews in microbiology, 15(1), 1–5. https://doi.org/10.3109/10408418709104444.

[10] Shilpa, M., Bhat, V., Shetty, A. V., Reddy, M. S., & Punde, P. (2020). Antifungal activity of aloe vera leaf and gel extracts against Candida albicans: an in vitro study. World, 11(1), 37.

[11] Upton, R., Axentiev, P., Swisher, D. (2012). Aloe vera Leaf, Aloe vera Leaf Juice, Aloe vera Inner Leaf Juice. In: Upton R. (Ed), American Herbal Pharmacopoeia, 1–52.

[12] World health organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241. (Erişim tarihi: 30.11.2024).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

NANOMALZEMELER, SENTEZ VE TARIM UYGULAMALARI

Sena GÜLER
İstanbul Üniversitesi
gulersenaa@gmail.com – ORCID ID 0009-0002-5545-5689

Prof. Dr. Nihal DOĞRUÖZ GÜNGÖR
İstanbul Üniveristesi
ndogruoz@istanbul.edu.tr - ORCID ID 0000-0002-8098-039X

ÖZET

Nanoteknoloji çalışmaları 19. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Ancak bilimsel olarak tanımı 20. yüzyılda yapılmıştır. Nanobilim temellerine dayalı bu yaklaşımın ürünleri, başta boyutlarının sağladığı yüksek yüzey alanı/hacim oranı olmak üzere manyetik, optik, elektriksel, termal, mekanik ve kimyasal özellikleriyle son dönemin popüler araçlarıdır. Organik ve inorganik temelli birçok nanomateryal vardır. Geçmişte hastalık teşhis ve tedavisinde, boya üretiminde kullanılan nanomalzemeler günümüzde hemen hemen her endüstride kendine yer bulmaktadır. Tarım, sağlık, gıda, kozmetik, petrol, inşaat gibi endüstrilerde yaygın kullanım alanları vardır. Tarımda bitki verimini arttıran; bitki için zararlı canlılardan ve kontaminasyonlardan bitkiyi koruyan; toprak, su sağlığını koruyan ve remediasyonunu sağlayan birçok nanoteknoloji uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalarda kullanılan nanomalzemeler, kimyasal ve fiziksel olarak sentezlenebilirken doğrudan bitki ve mikroorganizma aracılığıyla sentezlendikleri yeşil sentez yöntemleri de mevcuttur. Geleneksel sentezlerde verim daha yüksek olsa da yeşil sentezle elde edilen materyalin kararlılığı daha yüksektir ve toksik etkisi yok veya daha düşüktür. Nanomateryaller tek başına kullanılabildiği gibi organik veya inorganik başka materyallerle beraber de kullanılabilmektedir. Beraber kullanım nanomateryalin kararlılığını korumasını, verimini arttırmasını ve tekrar kullanılabilirliğine imkân tanımasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: nanoteknoloji, nanomateryal, tarım, yeşil sentez.

ABSTRACT

Nanotechnology studies began in the second half of the 19th century. However, its scientific definition was made in the 20th century. The products of this approach, based on nanoscience, are popular tools of the last period due to their magnetic, optical, electrical, thermal, mechanical and chemical properties, especially the high surface area/volume ratio provided by their size. There are many organic and inorganic based nanomaterials. Nanomaterials have been used in the past for the diagnosis and treatment of diseases and in the production of paints. Nanomaterials are present in almost every industry today. It has widespread use in industries such as agriculture, health, food, cosmetics, oil and construction. There are many

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

nanotechnology applications in agriculture that increase plant yield, protect plants from harmful organisms and contamination, protect soil and water health, and provide remediation. The materials used in these applications can be synthesized chemically and physically. There are also green synthesis methods where they are synthesized directly through plants and microorganisms. Although the yield is higher in traditional syntheses, the material obtained by green synthesis has higher stability and has no or lower toxic effects. Nanomaterials can be used alone or with other organic or inorganic materials. Combined use ensures that the nanomaterial maintains its stability, increases its efficiency and allows for reusability.

Key Words: Nanotechnology, nanomaterial, agriculture, green synthesis.

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, 1-100 nanometre (nm) aralığındaki nesnelerle ilgilenen nanobilim temellerine dayalı pratik ve mühendislik yaklaşımlarıdır.

Bir ölçeği 100 nm'den küçük olan yapılar ilk defa 1857 yılında altın nanoparçacıklar üreten Micheal Faraday'ın, nanoyapılı altının kırmızı renk yaydığını gözlemlemesiyle keşfedilmiştir ancak bir tanımlama yapılamamıştır (Faraday, 1857; Hammami ve Alabdallah, 2021). 1974 yılında Japon bilim insanı Norio Taniguichi tarafından ise "Nanoteknolojinin Temel Konsepti Üzerine (On the Basic Concept of Nanotechnology)" makalesinde tanımı yapılmıştır (Hussain *vd.*, 2023).

Nanomalzemeler geçmişte hastalık teşhis ve tedavilerinde; cam, kumaş gibi çeşitli materyallerin boyanmasında kullanılmaktaydı (Ijaz *vd.*, 2020). Günümüzde ise kullanım alanları daha da genişledi; tarım, remediyasyon, petrol ve çeşitli endüstriyel prosesler, katalitik prosesler, binalar ve yapı malzemeleri, gıda, kozmetik, teşhis, tedavi ve ilaç, biyoteknoloji ve daha birçok uygulama ve endüstride önemli konuma sahip materyallere dönüştüler.

Nanomalzemeler 1 mikrometreden (µm) küçük inorganik veya organik materyallerdir. Boyut, morfoloji ve kimyasal yapısına göre sınıflandırılabilirler. Nanomateryaller boyutlarına göre 4 alt kategoriye ayrılırlar; kuantum noktaları olan 0 boyutlu nanomateryaller, nanokatmanların oluşturduğu ince film yapılı 1 boyutlu nanomateryaller, nano-tel/çubuk/tüplerin oluşturduğu 2 boyutlu nanomateryaller, nanopartiküller ve diğer tüm boyutlu yapıların birleşerek oluşturabildiği 3 boyutlu nanomateryallerdir (Ijaz *vd.*, 2020; Saleh, 2020).

Nanomalzemelerin yapı ve yapısal hareketleri moleküler yapılarından etkilenmektedir. Aynı zamanda sentezlendikleri koşullar yapısal formlarını etkilemektedir. pH, sıcaklık, sentez süresi ve orijini nanopartikülün formunu belirlemekte önemli etmenlerdir (Hammami ve Alabdallah, 2021).

Bir materyalde nano ölçeğe inildiğinde özgül yüzey alan oranı artar. Bu da materyalin yüzeyindeki atom sayısını artırır. Atom sayısındaki bu artış kuantum etkisiyle materyalin manyetik, optik, elektriksel, termal, mekanik ve kimyasal özellikleri değişiklik ve çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle yüksek yüzey alanı/hacim oranı nanomateryallerin en avantajlı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

özellikleridir. Bunun yanında nanopartiküllerin, hücreler tarafından alınmaları ve biyoaktif iyonları serbest bırakma yetenekleri canlılar için iki önemli özellikleridir (Loza *vd.*, 2020). Bu yetenekleri sayesinde hem biyouyumlu yapıdadırlar hem de bulundukları ortamla kolaylıkla etkileşime girebilmektedirler.

1.1.Nanomalzemeler

Metal, metal oksit, bimetalik, kompozit, karbon bazlı, zeolit ve silika bazlı, seramik, moleküler elektronik (kuantum noktaları), polimerik, lipid bazlı, biyo nanomalzemeler çeşitli yapı ve boyutlarda bulunabilmektedir (Saleh, 2020).

Metal nanomalzemeler, platin (Pt), paladyum (Pd), nikel (Ni), rutenyum (Ru), alüminyum (Al), gümüş (Ag), altın (Au) ve bakır (Cu) elementleri başta olmak üzere metal elementlerinden oluşmaktadır. Bu elementler kimyasal veya biyolojik olarak sentezlenebilir. Bu nanomateryaller genellikle biyouyumlu yapıda, antimikrobiyal ve kimyasal olarak inaktif özelliktedirler. Bu özellikler nedeniyle tıp alanında ilaç ve nükleik asit taşınım sistemlerinin, gen terapilerinin, kanser tedavilerinin ve tıbbi görüntüleme ve teşhis süreçlerinin önemli etmenleridir (Saleh, 2020; Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Aynı zamanda kapsülasyonda kullanımıyla deterjan endüstrisinde ve bitki ilaçlama sistemlerinde de uygulamaları görülmektedir. Yüksek iletken özellikleri ile elektronların hızlı taşınmasına olanak vermekte ve bu yetenekleri nedeniyle nanosensörlerde kullanım alanı bulmaktadır (Saleh, 2020; Hammami ve Alabdallah, 2021). Ayrıca yakıtlara eklenen metal nanoparçacıklarla oksidasyon düşürülerek yakıt tüketimi verimi arttırılabilmekte ve makinelerde motor sağlığı daha çok korunabilmektedir (Çakmak, 2024).

Metal oksit nanomateryaller genelde titanyum (Ti), demir (Fe), çinko (Zn), alüminyum (Al), silisyum (Si) gibi elementlerin oksit moleküllerinden oluşur. Başlıca demir oksit nanomateryaller manyetit (Fe_3O_4), maghemit (γ-Fe_2O_3), hematitlerdir (Fe_2O_3). Bunlar yüksek manyetik kuvvete sahip süper paramanyetik nanomalzemelerdir (Niculescu *vd.*, 2022; Saleh, 2020). Aynı zamanda biyodizel gibi yağ asitlerinden elde edilen Al_2O_3 gibi metal oksit nanopartiküller ile yeşil sentez sağlanabilmektedir (Çakmak, 2024). Metal oksit nanopartiküllerin yüzey modifikasyonu için çeşitli organik bileşikler kullanılabilir. Bu yüzey modifikasyonlar nanomateryallere, spesifik bağlayıcı hedef analitler ve yüksek yoğunluk gibi fiziksel ve kimyasal özellikler sağlayabilirler (Mahanty *vd.*, 2020; Saleh, 2020; Niculescu, Chircov ve Grumezescu, 2022). Genelde yarı iletken, biyouyumlu ve farklı fizikokimyasal özelliktedirler. Çeşitli metal oksit nanomateryaller atık su arıtımında, kendi kendini temizleyen tekstil ürünü eldesinde, ilaç taşınımı ve gen terapisinde, kozmetik, gıda, tarımda ilaçlama, boya endüstrilerinde ve tıbbi görüntüleme uygulamalarında kullanımlarına olanak tanımaktadır (Mahanty *vd.*, 2020; Bae *vd.*, 2022). Ek olarak metal nanopartiküller gibi inorganik nanopartiküllerdir ve bu nedenle organik nanopartiküllere göre daha kararlı yapıdadırlar (Ijaz *vd.*, 2020).

Bimetalik nanomalzemeler, iki metalin birleşiminden oluşan nanomalzemelerdir. İki metalin birleşmesi nedeniyle optik, manyetik ve elektriksel yetenek olarak gelişmiş nanomalzemelerdir. Bu yetenekleri sayesinde tanılama, görüntüleme ve terapötik uygulamalarda kullanım alanı oluşturmaktadır (Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Birleşen metallerin çeşidi, ebat ve boyutu, miktarı nanomalzemenin özelliklerini etkileyen önemli unsurlardır (Saleh, 2020; Padilla-Cruz *vd.*,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2021). Metal çeşidi tek başına farklı oranda ve farklı mikroorganizmalara karşı etki gösterirken farklı bir metal ile birleştiği bimetal formunda etkisi yüzdesi ve alanı değişiklik gösterebilmektedir. Padilla-Cruz ve arkadaşlarının 2021 yılında Ag-Fe nanopartikülleriyle yaptığı çalışma bu duruma bir örnek oluşturmaktadır. Aynı zamanda toksik etkisi olabilen metal nanopartiküllere alternatif olarak farklı bir metal ile birleşmesi sonucu toksik etkisi daha düşük nanopartiküllerin eldesine olanak tanımaktadır. Bu sayede toksik etkisi nedeniyle kullanılamayan ancak avantajlı özelliklere sahip olan elementlerin kullanımına imkân sağlanmaktadır. Buna örnek olarak toksik etkise sahip gümüş nanopartiküllerinin altın ile birleştirilmesi ile oluşan Ag-Au bimetal nanopartikülleri verilebilir (Loza, Heggen ve Epple, 2020). Birleşen iki metal aynı anda indirgenirse alaşım nanopartiküller oluşurken metaller sıralı veya aşamalı olarak indirgenirlerse çekirdek-kabuk yapısında nanoparçacıklar oluşur (Ijaz *vd.*, 2020; Loza *vd.*, 2020). Bu çeşit nanopartiküllerin eldesinde en yaygın sentez yöntemi lazer ablasyonudur. Katı yüzeyin lazer ile işlenmesi sonucu alaşım yapısında nanopartiküller elde edilir. Ancak metalik nanopartiküllerin sentez yolları da kolaylıkla bimetal nanopartikül sentezine uygulanabilmektedir. Bu çeşitli protokoller alaşım veya çekirdek-kabuk yapısı nedeniyle genelde küresel yapıda olan bimetalik nanopartiküllerin çubuk, tüp, tel gibi farklı formlarda olmasına olanak tanır (Loza, Heggen ve Epple, 2020).

Kompozit nanomalzemeler, birden fazla bileşenden oluşan malzemelerdir. Bimetal nanomalzeme prensibine benzer yapıdadır ancak iki metal bileşenden değil farklı bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşur. Çeşitli kombinasyonlar ile nanomateryalin elektrostatik etkileşimleri nedeniyle biyouyumluluğu, toksisitesi, esneklik ve dayanıklılığı, absorbans yeteneği, optik özellikleri, aşınma ve parlaklık tutma yetenekleri değişiklik göstermektedir (Saleh, 2020; Kong *vd.*, 2022). Kimyasal sentezlenen kompozit nanomalzemeler daha yaygınken son dönemde yeşil sentez kompozit nanomalzeme çalışmaları da öne çıkmaktadır. Karbon bazlı nanomalzemelerin etrafına *Shewanella putrefaciens, Bacillus sphaericus* bakterilerinden elde edilen ekstraselüler matriks (EPS) kaplanarak kompozit nanomalzeme oluşum çalışmaları mevcuttur. Bu tür kaplamalar nanomalzemenin tek başına sağladığı verimin üstünde bir verim sağlayabilmektedir (Moriwaki ve Yamamoto, 2013; Xu *vd.*, 2022). Bunun yanı sıra demir nanopartikülleri etrafına kaplanmış malzemelerle yapılan çalışmalar da vardır. Yapılan kaplamalar ile demir iyonlarının oksitlenme oranı düşürülürken demir nanopartiküllerin tek başına tutma kapasitesinin verimini arttırmaktadır (Yan *vd.*, 2023). Bu malzemeler kimyasal kökenli ve biyolojik kökenli olabilir. Ancak kimyasal kökenli olanlar bir kirleticiyi ortamdan temizlerken ikinci bir kirletici olarak ortamı kontamine edebilmektedir. Ancak biyolojik kökenli kaplamalar yapıldığında bu durum gerçekleşmemektedir. Bu nedenle biyolojik kökenliler kimyasal kökenlilere göre önemli derecede avantaj sağlamaktadır (Yan *vd.*, 2023).

Karbon bazlı nanomateryaller atom bazında düzenlemelere imkân vermektedir. Bu sayede amaca yönelik ürün tasarımını mümkün kılmaktadır. Elektriksel iletkenlikleri, elektron afiniteleri, dayanıklı yapısı ile çok yönlü özelliklere sahiptir (Ijaz *vd.*, 2020). Bu grubun son dönemdeki en popüler malzemesi grafendir. Yüksek elektrik ve termal iletkenliğe sahip bu materyaller hafif, esnek ve dayanıklılığı yüksektir. Kimyasal olarak inaktif özelliktedirler. Grafen sarmal yapısı oluşturuken nanotüp eldesini sağlamaktadır. Nanotüp yapısı oluşurken

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sarmalların boyut ve ebatlarındaki değişimlerle nanotüpün kimyasal etkileşimleri farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle grafen nanotüpler nanosensör üretim ve uygulamaları için önemlidir. Grafenin eliptik formu fullerendir. Doğada az miktarda bulunmasının yanı sıra antioksidan özelliktedir. Azot ve oksijen gibi reaktif türleri nötralize etme özelliğine sahiptir. Bu nedenle yapay fotosentez, kozmetik, yüzey kaplama gibi uygulama alanları mevcuttur. Bir başka karbon bazlı nanomateryal nanoelmaslardır. Optik ve manyetik özellikleri ile öne çıkan nanoelmasların mukavemeti de yüksektir. Bu nedenle kaplama, aşındırıcı ve yarı iletkenler için kullanılır (Saleh, 2020).

Zeolit ve silika bazlı nanomalzemeler büyük yüzey alanına sahip nanomateryal eldesine izin vermektedir. Gözenekli yapılarının olması, partiküllerin kolay şekillendirilebilme ve boyutlandırılabilme, gideceği noktaya kadar yapısının stabilitesini koruyabilme yeteneği sayesinde etkin ilaç taşınım sistemlerinde kullanımı öne çıkmaktadır. Mezogözenekli yapıları ile bu materyaller pH, tuzluluk gibi ortam konsantrasyonlarına göre veya hidrofobisiteye göre yapılarının stabil kalmasına veya uygun ortamda parçalanmasına imkân verebilmektedir. Silika nanpopartiküllerin füme silika, kolloidal silika, silika jel ve silika aerojel formlarında kullanımı yaygındır (Shafiei, Nasrollahzadeh ve Iravani, 2021). Biyosensör, biyotaşıyıcı, biyobelirteç gibi kullanım alanlarının yanı sıra tarım sektöründe böcek zararlılarının engellenmesi için de önemli bileşenlerdir (Pieła *vd.*, 2020; Shafiei, Nasrollahzadeh ve Iravani, 2021). Çeşitli kimyasal ve sol-jel yöntemi, çökeltme gibi fiziksel sentezlerinin yanı sıra çeşitli mantar, bitki ve maya türleri ile yeşil sentezi de mümkündür (Pieła *vd.*, 2020; Zamani *vd.*, 2020). Bitkiler topraktan çeşitli formlarda silisyum alarak bünyelerinde biriktirebilir. Bu çeşitli kimyasal yollarla bitki bünyesinden ayırılabilir. Ancak bu yöntemler elde edilen silikanın toksik özellikte olmasını sağlayabilir veya bu silika elde edilirken etrafa çeşitli kirleticiler yayılabilir. Mantar veya mayaların kullanıldığı biyolojik yollarla bu durumların önüne geçilebilmektedir (Pieła *vd.*, 2020).

Seramik nanomalzemeler, metalik olmayan nanomalzemelerdir. Kristalik, gözenekli veya içi boş yapıda olan formları mevcuttur (Ijaz *vd.*, 2020). Ayrıca bazı metal katkılı nanoseramiklerde, metal bileşen yapısal bozunmanın ve oksijen boşluklarının ortadan kalkmasını sağlayabilecek katkılama konsantrasyonunu değiştirerek materyalin yapısal ve fiziksel özelliklerini geliştirebilir (Saleh, 2020). Bunlar gelişmiş yapısal, elektro-optik, süperiletken, ferromanyetik ve ferroelektrik özelliklere sahiptir (Kermanian *vd.*, 2020; Liu *vd.*, 2024).

Moleküler Elektronikler (Kuantum noktaları), binlerce atom barındırabilen yapay atomlardır. Çekirdek kısmında metal iyonu barındırırken yüzeyi polimerle kaplıdır. Çekirdeğindeki metal atomunun ve yüzeyindeki polimerin yönlendirmesi ile optik özellik göstermektedir. Optik özellikleri ile görüntüleme teknolojileri için avantajlıdır. Işık emisyonu diğer seçeneklere göre daha yüksek olduğu için hassas ve daha net görüntüleme sonuçlarına imkân tanımaktadır (Ijaz *vd.*, 2020; Saleh, 2020).

Polimerik nanomalzemeler sentetik veya doğal materyallerden oluşabilir. Genelde farmostatik veya terapötik malzeme taşınmasında önemli araçlardır. Biyolojik olarak bozunabilir özelliktedir. Genelde malzeme taşınımında nanokapsül (orta kısmı boş) veya nanoküre (orta

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kısmı matriks ile dolu) şeklinde formunda kullanılmaktadır. Monomerlerin polimerizasyonu veya hidrofilik polimerlerin iyonik jelasyonu ile üretimleri gerçekleşmektedir (Saleh, 2020).

Lipozomlar ve lipid bazlı nanopartiküller, organik nanopartiküllerdir. Biyouyumlu yapıdadır ve toksik özellik göstermez. Nanokapsül olarak yaygın bir kullanımları vardır. İlaç taşınımı için önemli bileşenlerdir (Ijaz *vd.*, 2020).

Biyonanomateryaller doğrudan organizmaların bir parçası olan bileşenlerin veya virüslerin oluşturduğu gruptur. Bu grup kendi içinde hücre dışı ve içi olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Virüsler, lipoproteinler, glikoproteinler, eksozomlar, pigmentler biyonanomateryallere örnektir (Ijaz *vd.*, 2020; Shahin *vd.*, 2022).

1.2.Nanomalzemelerin Sentezi

Nanopartiküller yukarıdan aşağıya (aşındırma) veya aşağıdan yukarıya (kendi kendine montaj / üst üste birikme) olmak üzere iki farklı yolla sentezlenirler.

Aşağıdan yukarıya sentezde atom seviyesinde elde edilen nanopartiküller daha sonra birleştirilerek veya farklı malzemelere entegre edilerek elde edilirler. Bu sentez yolağında genellikle çözünür tuzlar veya uygun ligandlarla koordine edilmiş metal katyonları olan uygun bir çözünür metal kaynağı mevcuttur. Bu kaynağın üzerine, güçlü bir etkiye sahip olan bir indirgeyici madde eklenerek sentez sağlanmaktadır (Loza *vd.*, 2020). Temel düzeyde elde edilmiş nanopartiküller daha sonra sol-jel, kimyasal eş çöktürme, sonokimyasal sentez, alev sentezi (piroliz), atomik tabaka birikimi, moleküler öz-birleştirme, hidrotermal ve buhar fazı birikimi gibi yapı ve uygulamalarla birincil yapıdan kompleks yapılara dönüştürülmektedir.

Sol-jel ile sentez büyük hacimde üretim sağladığı, yüksek saflığa olanak tanıdığı ve diğer yöntemlere göre daha kolay bir yöntem olduğu için endüstriyel anlamda oldukça popülerdir. Metal, seramik ve kompozit nanomateyallerin sentezinde yaygın bir kullanım alanı mevcuttur. Kolloid bir çözelti içerisinde asılı duran bileşenlerin pH, sıcaklık, tuz konsantrasyonu gibi etmenlerle jel formuna geçmesi ile gerçekleşen yöntemdir. Ancak bu yöntemde ikinci bir aşama mevcuttur. Yüksek veya düşük ısı ile kurutma, filtreleme, çökeltme ile jel yapısı ayrıştırılmalıdır (Ijaz *vd.*, 2020; Bokov *vd.*, 2021).

Piroliz/alev sentezi yöntemi kimyasal bir aşağıdan yukarı sentezidir. Az enerji gereksinimi ve düşük maaliyeti nedeniyle nanopartiküllerin endüstriyel alanda en yaygın sentez yoludur. Gaz veya sıvı haldeki öncül madde püskürtülerek alev ile yakılır. Yakılma sonucu oluşan buhar vakumlu bir düzenek ile toplanarak soğutulur. Soğutma sonucu nanopartikül eldesi sağlanır. Sıcaklık, öncül çözeltinin konsantrasyonu ve içeriği burada üretilen nanopartikülün çeşidi ve boyutu için önemlidir (Ateş ve Bahçeci, 2015; Ijaz *vd.*, 2020).

Kimyasal buhar biriktirme yönteminde reaktif gazların vakumlu bir ortama salınması ve sıcaklık ile reaksiyon vermesi sağlandıktan sonra bir yüzeyde biriktirilmesi ile nanopartikül sentezi sağlanmaktadır (Ijaz *vd.*, 2020; Çoşğun *vd.*, 2021).

Fiziksel buhar biriktirme yöntemi metal ve metal oksit nanopartikül sentezi için kullanılan bir yöntemdir. Metal olan veya içeren öncül maddenin vakumlu bir ortamda buharlaşması sağlandıktan sonra bir nanopartiküllerin bir yüzeye biriktirilmesi ile gerçekleşen bir yöntemdir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu yöntemle elde edilen naopartiküllerin bir yüzeye biriktirilmesi gerektiği için nano-kaplamalar için bu yöntem tercih edilmektedir. Ancak buhar biriktirme yöntemlerindeki ekipman ve koşulların sağlanması maliyetli olduğu için çok tercih edilen bir yöntem değildir (Wang *vd.*, 2023).

Moleküler öz birleştirme (kendi kendine montaj) yöntemiyle, genelde peptid veya peptid bazlı moleküllerin elektrostatik, hidrojen bağı, aromatik istifleme ve van der Waals kuvvetleri gibi etkileşimleri aracılığıyla istenen organizasyon ve yapıda kontrollü bir biçimde nanoyapıların eldesi sağlanmaktadır (Pochan ve Scherman, 2021; Chen *vd.*, 2022).

Atomik tabaka birikim yöntemi ince film tabakası oluşturma prensibine dayalı yüzey temelli bir yöntemdir. Bir buhar fazından atomik katman oluşturup üst üste birikmesi ile ince film yapıların oluşması sağlanmaktadır. Üretim esnasında farklı reaktanlar kullanılabilir. Reaksiyon ortamına sırayla farklı reaktanlar verilirken iki farklı reaktan arasında inaktif gazlarla temizleme işlemi yapılmaktadır. Böylece farklı yapısal özellikte ve içerikte nanofilm tabakaların oluşması sağlanır (Ateş ve Bahçeci, 2015; Pochan ve Scherman, 2021).

Kimyasal eş çöktürme, nanopartikül eldesinde basit prosedürlü, düşük maliyetli ve verimli yöntemlerden biridir. Reaksiyona girebilen ve nanopartikülün oluşmasını sağlayan iki çözeltinin bir araya getirilerek reaksiyona sokulması sağlanır ve bir süre sonra çökelti gerçekleşmektedir. Çökelen madde elde edilen nanopartikülerdir. Ancak sıvı bir ortamda reaksiyon gerçekleştiği için elde edilen materyal daha sonra kurutulmalı ve mekanik olarak parçalanmalıdır (Atul *vd.*, 2022; Kumar ve Gangawane, 2022).

Sonokimyasal yöntem, ultrasonik güç ve kimyanın birleştiği hibrit bir yöntemdir. Akustik kavitasyon tarafından oluşturulan kesme kuvvetleri, şok dalgaları, türbülans ve mikro jetler gibi yoğun fiziksel kuvvetlerden faydalanılmaktadır. Bu kuvvetler reaktanın kimyasal aktifliğini geliştirir. Bu gelişimden ve ortam şartlarından yararlanarak nanomalzeme eldesi sağlanmaktadır. Metaller, metal oksitler, sülfitler, bimetalik alaşımlar, kompozitler, bazı karbon nanomateryaller bu yöntem kullanılarak sentezlenebilmektedir (Kumar ve Gangawane, 2022; Low *vd.*, 2022; Manickam *vd.*, 2023).

Hidrotermal sentezde genelde kristal yapılı nanomalzeme eldesi sağlanmaktadır. Nanoseramik ve nanokompozit eldesi için önemli bir sentez yöntemidir. Başta yüksek sıcaklık olmak üzere, basınç ve pH değişimlerinden yararlanılan bir yöntemdir. Bu parametrelerin değişimine göre boyut ve yapısal değişiklikler gerçekleştirilebilmektedir. Bu sentez yöntemiyle pH'a duyarlı nanomalzeme sentezi gerçekleştirilmektedir. Nanopartikül öncül madde ve tuzlarından oluşan çözeltilerin pH ayarları yapıldıktan sonra 180-400°C aralığında sıcaklığa maruz bırakılması ve daha sonra soğutulması ile nanopartikül eldesi sağlanır (Kermanian *vd.*, 2020; Liu *vd.*, 2024).

Yukarıdan aşağıya sentez makroskobik boyuttaki materyalin daha küçük boyuta dönüştürülmesiyle gerçekleşir. Mekanik aşındırma/öğütme, litografi, lazer ablasyonu, elektro patlama, bu sentez çeşidinin uygulama yöntemleridir (Ijaz *vd.*, 2020; Wang *vd.*, 2023).

Mekanik aşındırmada/öğütme yöntemi bilyalı öğütme olarak da bilinmektedir. Ucuz ve en basit yöntemlerden biridir. Malzemenin aşındırılarak nano boyuta getirilmesi esasına dayalıdır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Belirli bir hız ve miktarda dönen bilyalar ile aşındırma sağlanır (Ijaz *vd.*, 2020; Shahin *vd.*, 2022).

Litografi en temel tarifi ile bir tabaka üzerine desenler basma ve üretme yöntemidir. Birçok çeşidi vardır: fotolitografi, yumuşak litografi, nano baskı litografisi, elektron ışını (demeti) litografisi, odaklanmış iyon ışını litografisi ve taramalı prob litografisi (Ijaz *vd.*, 2020; Sebastian *vd.*, 2020). En yaygın kullanımı olanlar fotolitografi ve yumuşak litografidir. Fotolitografi, aşırı UV uygulaması (EUV) olarak da bilinmekte ve desenleme işlemi için ultraviyolenin (UV) kullanıldığı litografi çeşididir. Yumuşak litografi ise alt tabaka ve baskıda elastomerik malzemelerin kullanıldığı litografi çeşididir. (Sebastian *vd.*, 2020).

Lazer ablasyonu, metalin nanopartiküllere indirgenmesini sağlar (Ijaz *vd.*, 2020). Metal bir kaynağın olduğu çözelti veya yüzeye lazer ile muamele sonucu metal veya metaloksit nanopartiküllerin sentezlenmesine olanak veren yöntemdir. Lazer ışını ile üretilen yoğun ısı öncülü buharlaştırır ve elde edilen buhar hızla soğutularak nanopartiküller elde edilir (Wang *vd.*, 2023).

Elektro (tel) patlama yöntemi reaktif maddenin gaz formunda bulunduğu ortamda, üzerinden çok yüksek derecede akım geçirilen ve bu nedenle plazma formuna geçen ve patlayan metal tel temelli bir yöntemdir. Yüksek akım nedeniyle çok fazla ısınan ve plazma formuna geçen tel etrafındaki iyonize olmuş gaz için şok etkisi oluşturur. Şok etkisindeki bu buharın uygun inert ortamda soğutulması ile nanopartikül eldesi sağlanır. Bu yöntemde metalik nanopartiküllerin eldesi sağlanabildiği gibi nanokaplamalar da yapılabilmektedir. Kurulan sistem maliyeti yüksek olduğu için çok tercih edilen bir yöntem değildir (Ateş ve Bahçeci, 2015; Ranjan *vd.*, 2020; Suliz *vd.*, 2022).

Sentez sonucunda işlevsel nanopartiküllerin elde edilmesinin yanı sıra bazı nanopartiküllere işlev kazandırılması veya işlevselliğinin iyileştirilmesi için çeşitli modifikasyonlar uygulanmaktadır. Çeşitli yüzey özelliklerinin ve aktif bölgelerinin geliştirilmesi için moleküller arası etkileşimler değiştirilebilir. Bunlar fonksiyonel gruplar eklenerek veya modifiye edilerek kurulan bağların ve elektrostatik düzenin değiştirilmesiyle gerçekleşir.

Yeşil Sentez

Geleneksel yöntemler olan fiziksel ve kimyasal sentezin yanı sıra son yıllarda nanopartiküllerin biyolojik sentezi de öne çıkmaktadır. Bitki, mantar, maya, alg veya bakteri kökenli nanopartiküller geleneksel yöntemlerle sentezlenenlere göre daha kararlı yapıdadır ancak geleneksel sentezde ürün verimi daha yüksektir (Pieła *vd.*, 2020; Hammami ve Alabdallah, 2021).

Yukarıdan aşağıya gerçekleşen yeşil sentezle genellikle metal, bimetal veya metal oksit nanopartikül eldesi sağlandığı için seçilen canlının metal indirgeme yeteneği oldukça önemlidir (Hammami ve Alabdallah, 2021; Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Ayrıca yeşil sentezin geleneksel yöntemlerden daha ucuz, daha güvenli, daha basit, daha hızlı ve daha kolay olduğu çeşitli çalışmalar ile raporlanmıştır (Saleh, 2020; Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Yeşil sentez nanopartiküller biyolojik bir matris kullanılarak sentezlendiğinden, yüksek biyostabilite, fotostabilite ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

biyoyararlanıma sahiptir ve bu da onları bozunma reaksiyonu sırasında daha iyi fotokatalitik aktivite ve kimyasal reaktiviteye sahip olmasına imkan tanır (Emmanuel *vd.*, 2023).

Bitki çeşidine göre nanopartikül sentezi için kök veya gövde kısmı tercih edilebilir. Nanopartikülün indirgenme sürecinde UV ile muamelesi bu konuda belirleyici görev görebilmektedir (Hammami ve Alabdallah, 2021; Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Aynı zamanda bitki özütlerindeki flavnoidler ve polifenolik bileşikler de önemli indirgeyici ajanlardır (Padilla-Cruz *vd.*, 2021). Yaygın olarak gümüş, altın gibi nanopartikül yeşil sentezine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bitki hücre duvarının yaklaşık %35-50'sini oluşturan selüloz önemli bir biyopolimerdir ve nanometre boyutlarındaki selüloz malzemeler, yüksek mukavemet, yüksek yüzey alanı/hacim oranı, yüksek takviye potansiyeline ve fonksiyonelleşebilen yüzey özelliklerine sahiptir. Selüloz nanomalzemeler; nanokristal ve nanofiber olmak üzere iki farklı çeşitte bulunabilmektedir (Low *vd.*, 2022).

Mantarların hücre dışı veya hücre içi matriksleri metal nanopartiküllerin sentezi için uygun kaynaklardır. Mantarlarda sentez hücre içi veya hücre dışında gerçekleşebilir. Hücre dışındaki sentez, matriks veya otolizat ile gerçekleşebilmektedir. Bitki kökleri veya deniz yosunlarından izole edilen mantarlardan antioksidan özellikte nanopartikül sentezi çalışmaları kaydedilmiştir (Pieła *vd.*, 2020; Hammami ve Alabdallah, 2021).

Bakteri ile nanopartikül sentezindeyse genelde denizlerden veya atık sulardan izole edilen bakteriler öne çıkmaktadır. Özellikle *Bacillus, Cupriavidus, Microccocus* ve *Shewanella* cinsi bakteriler nanopartikül sentezinde bilinen başlıca çeşitlerdir (Hammami ve Alabdallah, 2021; Shahin *vd.*, 2022; Yan *vd.*, 2023). Hücre dışı ve hücre içi olarak iki farklı yolla sentezlenebilmektedir (Yavuz ve Yılmaz, 2021).

1.3.Tarım Uygulamalarında Nanomalzemeler

Tarımda bitki, toprak ve suyun verim ve sağlığı için birçok nanoteknoloji uygulaması vardır. Bu uygulamalar doğrudan bitki veya mikroorganizmalar üzerine etkili olabilmekte ve/veya doğrudan bu canlılardan elde edilen ürünler ile sağlanabilmektedir.

Kimyasal tarım ilaçlarına alternatif nanopartikül uygulamaları veya nanopartiküllerle kapsüllenmiş hedef odaklı ilaç taşınım sistemleri mevcuttur. Bunun yanı sıra nanogübre, bitki ve toprak mikrobiyomunda etkili nanoteknolojik uygulamalar ile bitki büyüme, gelişme ve verimi artırılabilmektedir. Biyonanoremediasyon ile toprak, bitki ve su kontaminasyonları temizlenebilmektedir (Bansal *vd.*, 2017; Wan, Li ve Parikh, 2020; Singh ve Saxena, 2022; Tamta *vd.*, 2024).

Nanoteknolojik uygulamalarda kimyasal sentez ile elde edilen nanomalzemeler yüksek verimli sonuçlar verse de başlıca etkisinden sonra çevrede ikincil kirletici olarak kalabilmektedir. Aynı zamanda kararlılığı biyonanomalzemelerden daha düşüktür. Bu nedenle son dönemde bitki veya mikroorganizmalardan elde edilen nanomalzemelerin çevre ve tarımda uygulamaları daha çok popülarite kazanmıştır (Alharby ve Ali, 2022; Hussain *vd.*, 2023).

Karbon, metal, bimetal ve kompozit nanomalzemeler başta toprak detoksifikasyonu olmak üzere tarımda önemli nanoteknolojik ajanlardır. Arsenik (As), kadminyum (Cd), kurşun (Pb), cıva (Hg) gibi ağır metallerle kontamine olmuş toprakların, bu ağır metallerle bağ kurabilen

nanopartiküllerle yapılan uygulamalarıyla toprağın ve suyun remediasyonu sağlanabilmektedir. Özellikle toprak remediasyonunda metalik nanopartiküllerin daha sonra manyetik yetenekleri kullanılarak ortamdan kolaylıkla ayırılabilmesi; maliyet, uygulanabilirlik ve kolaylık bakımından büyük avantajlar sağlamaktadır (Alharby ve Ali, 2022; Ulhassan *vd.*, 2022; Tamta *vd.*, 2024).

Aynı şekilde bitkilere uygulanması da bitki içerisine birikmiş ağır metallerin ayırılmasına veya toksik etkisi düşük veya olmayan moleküllere dönüşmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede bitki toksik bileşiklerden arındırılmış olmakta ve toksik bileşiklerin zarar verdiği veya durdurduğu metabolik aktivitelerini geri kazanmaktadır (Noman *vd.*, 2020; Ulhassan *vd.*, 2022; Hussain *vd.*, 2023).

Nanopartiküllerin detoksifikasyon yeteneklerinin yanı sıra toprak ve bitki mikrobiyomunu etkileyen nanoteknolojik uygulamaları da mevcuttur. Mikrobiyomları etkileyerek metabolik aktiviteler kazandırabilmekte veya iyileştirebilmektedir. Bitki için patojen mikroorganizmaların elimine olmasını veya bunların elimine olmasını sağlayan mikroorganizmaların aktivitesini arttıran nanoteknolojik uygulamalar mevcuttur. Bu sayede mikroorganizma temelli remediasyon gerçekleşebilmekte, bitki sağlığı, gelişimi ve verimi iyileştirilebilmektedir. (Alharby ve Ali, 2022; Hussain *vd.*, 2023).

Bitkinin gelişim ve verimi gübrelerle de desteklenmektedir. Ancak kimyasal gübreler besin kalitesini düşürmekte ve çevreye kirleticilerin yayılmasına sebep olmaktadır. Nanogübreler ile bu olumsuz durum engellenemeye çalışılmaktadır. Nanogübreler üç farklı şekilde bulunmaktadır: besin minerallerinin nanopartikülleri, geleneksel gübrelere katkı olarak eklenmiş nanopartiküller ve gübrelerin kapsülasyonunu sağlayan nanopartiküller ve kaplamalar. Üre, bakteri, fungus gibi gübrelerin ezilme ve öğütme ile nanometrik boyuta indirilmesi; çinko, selesyum gibi bitkinin ihtiyaç duyduğu minerallerin nanopartiküllerinin hazırlanması ilk grup nanogübreler arasına girmektedir. Bir çeşit kompozit gübre olan nanomalzeme katkılı gübrelerde ise genellikle karbon ve silika bazlı nanopartiküllerden yararlanılmaktadır. Katkılı gübrelerde nanopartiküller doğrudan bitki için besin değeri taşımamaktadır. Buradaki görevleri bitkinin bulunduğu ortamdaki besin, su, gerekli bileşenleri alma yeteneğini artırmak ve iyileştirmektir. Nanokapsülasyon veya kaplamalar ile elde edilen nanogübreler ise hedef odaklı taşımayı kolaylaştırmaktadır. Uygun bölgelere uygun bileşenlerin iletilmesine olanak vererek gübre sarfiyatını kontrol altına almaya olanak tanır (Nongbet *vd.*, 2022; Tamta *vd.*, 2024).

Çeşitli ilaçlarla bitki verimi ve patojenlerden korunması ile gelişimi desteklenmektedir. Ancak bu ilaçlar genelde kimyasal orijinlidir ve bitkiyi desteklerken çevreye ikincil kirleticilerin salınmasını sağlamaktadır. Tarımda yanlış, yüksek dozaj veya sık kullanım nedenleriyle bitki ve insan sağlığı için olumsuz etkiler de göstermektedir. Bu dezavantajların engellenmesi için nanoteknolojik uygulamalardan yararlanılmaktadır. Biyouyumlu toksik etkisi daha düşük nanopartiküllerden, yeşil sentez biyouyumlu ve toksik olmayan nanopartiküllerden veya pestisitin kapsüllenmesini sağlayarak hedefe yönelik ilaçlama imkânı veren nanomalzemelerden yararlanılmaktadır. Bu nanopestisitler kimyasal olarak sentezlenebildiği

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

gibi başta bakteri ve mantarlar olmak üzere çeşitli canlılardan da sentezlenebilmektedir (Bansal *vd.*, 2017; Kumar *vd.*, 2022; Tamta *vd.*, 2024).

Bu uygulamaların yanı sıra nanosensörlerle de bitkinin bulunduğu ortam izlenebilmektedir. Nanosensörler ile bitkinin bulunduğu abiyotik şartlar, böcek ve bitki zararlılarının tespiti, patojenlerin, kontaminasyon ve kirliliğin takibi yapılabilmektedir. Bu durumlarda hızlı önlem alımları, erken ve etkili müdahaleler ile bitkinin sağlık, gelişim ve verimi korunmaktadır (Giraldo ve Kruss, 2023; Tamta *vd.*, 2024).

2. SONUÇ VE TARTIŞMA

1-100 nm boyutundaki materyallerle gerçekleştirilen nanoteknoloji uygulamaları, yüksek yüzey alanı/hacim oranı ile son dönemin oldukça avantajlı uygulamalarıdır. Farklı boyut, kimyasal yapı ve kaynakları ile çok çeşitli özellik ve uygulamaları mevcuttur. Başta tarım, gıda, tıp, elektrik ve petrol endüstrisi olmak üzere birçok endüstride kendine yer bulabilmiştir.

Nanomateryallerin; metalik, metalik olmayan, kompozit, organik ve inorganik kökenli gibi birçok çeşidi bulunmaktadır. Birçok çeşidinin bulunmasının yanı sıra başlıcaları metal, metal oksit, karbon bazlı ve silika bazlı nanopartiküllerdir.

Nanopartiküller kimyasal etkileşimleri ile sahip oldukları optik, manyetik elektriksel yetenekleri, yüksek mukavemetleriyle beraber hücre içerisine girebilecek boyut ve yetenekte olmaları, biyoaktif iyonları serbest bırakabilmeleri ile de biyouyumlu özelliktedirler ve bulundukları ortamla kolayca etkileşime girebilmektedirler.

Biyouyumlu yetenekleri ile beraber özellikle metalik nanopartiküllerin antimikrobiyal yeteneğe sahip olması canlı etkileşiminin olduğu sektörlerde nanopartikülleri önemli ajanlar kılmaktadır. Nanopartiküllerin doğrudan etki aracı olarak kullanılmasının yanı sıra kaplama veya kapsülasyon için de kullanılabilen çeşitleri mevcuttur. Bu çeşitlerinin gözenekli yapısı bu uygulamalar için oldukça elverişlidir ve hedefe yönelik taşımaya da olanak tanımaktadır.

Bu çeşitli nanomalzemeler yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya olmak üzere iki farklı yolla sentezlenirler. Aşağıdan yukarıya sentezde atom seviyesinde elde edilen nanopartiküller daha sonra birleştirilerek veya farklı malzemelere entegre edilerek elde edilirler. Yukarıdan aşağıya sentezde makroskobik boyuttaki materyalin daha küçük boyuta dönüştürülmesiyle gerçekleşir. Her iki yöntemde de geleneksel yaklaşımlar kimyasal ve fiziksel temelli yaklaşımlardır. Bu yaklaşımların dışında son dönemde yeşil sentezle nanopartikül eldesi sağlanabileceği raporlanmıştır. Bitki, mantar, maya, alg veya bakteri kökenli nanopartiküller geleneksel yöntemlerle sentezlenenlere göre daha kararlı yapıdadırlar anacak geleneksel sentezde ürün verimi daha yüksektir. Aynı zamanda geleneksel yöntemle sentezlenen nanopartiküller uygulamaları sonrasında çevreye ikincil kirleticiler salabilmekte ve canlılar için toksik etki oluşturabilmektedir. Ancak yeşil sentezde bu durum çok düşük oranda gerçekleşmekte veya hiç gerçekleşmemektedir.

Birçok çeşidi ve sentezi bulunan nanopartiküller, tarım teknolojileri için de geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bitkinin ve bitkinin bulunduğu ortamın korunması, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için birçok uygulama mevcuttur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bitkinin, toprağın ve suyun kontaminasyonlardan arındırılması için nanopartiküllerin detoksifikasyon yeteneklerinden faydalanılabilmektedir. Bitki gelişim ve veriminin artırılması için nanogübre uygulamaları mevcuttur. Burada doğrudan nanopartiküllerden yararlanıldığı gibi nanokapsülasyonlardan da yararlanılarak hedef odaklı taşıma sağlanmaktadır. Kirlilik dışında patojenlere karşı korunma için de naopartiküllerin antimikrobiyal yeteneklerinden faydalanılmaktadır veya nanopartikül uygulamalarıyla toprak, bitki mikrobiyomları etkilenerek patojenlerin elimine edilmesi desteklenmektedir. Nanopestisitler ile ilaçlama yapılabilmekte ve/veya nanogübre uygulamalarında olduğu gibi nanokapsülasyonlardan yararlanılarak hedef odaklı ilaç taşınımı sağlanmaktadır. Nanosensörler ile de bitkinin bulunduğu ortam ve şartlar takip edilebilmekte ve bu sayede olumsuz koşullara ve etkilere erkenden doğru müdahale imkânı sağlanmaktadır. Tüm bu uygulamalar sayesinde bitki ve ürün sağlığı ve verimi korunmaktadır.

Nanoteknoloji, kimyasal uygulamalar ile gelenekselleşmiş tarım endüstrisine daha çevreci ve yeşil bir yaklaşım imkânı sunmaktadır. Kendi içerisindeki yeşil sentez yaklaşımlarıyla ve ilerleyen çalışmalarla sahip olduğu eksik yönlerinin ve dezavantajlı özelliklerinin iyileştirilerek ve daha temiz bir tarım olanağı sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Alharby, H.F. ve Ali, S. (2022) “Combined role of Fe nanoparticles (Fe NPs) and Staphylococcus aureus L. in the alleviation of chromium stress in rice plants”, *Life*, 12(3), s. 338.

Ateş, H. ve Bahçeci, E. (2015) “Nano malzemeler için üretim yöntemleri”, *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 3(2), ss. 483–499.

Atul, A.K. *vd.* (2022) “Synthesis and characterization of NiO nanoparticles by chemical co-precipitation method: An easy and cost-effective approach”, *Brazilian Journal of Physics*, 52(1), s. 2.

Bae, M. *vd.* (2022) “Novel biopesticides based on nanoencapsulation of azadirachtin with whey protein to control fall armyworm”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(26), ss. 7900–7910.

Bansal, P. *vd.* (2017) “Microwave assisted quick synthesis method of silver nanoparticles using citrus hybrid ‘Kinnow’ and its potential against early blight of tomato”, *Research on Crops*, 18(4), ss. 650–655.

Bokov, D. *vd.* (2021) “Nanomaterial by sol-gel method: synthesis and application”, *Advances in materials science and engineering*, 2021(1), s. 5102014.

Çakmak, A. (2024) “Al 2 O 3 nanoparçacıklarının ve çeşitli antioksidan katkı maddelerinin dizel motor karakteristiklerine etkilerinin araştırılması.”, *Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences/Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1).

Chen, Y. *vd.* (2022) “Histidine as a key modulator of molecular self-assembly: Peptide-based supramolecular materials inspired by biological systems”, *Materials Today*, 60, ss. 106–127.

Çoşğun, A., Taşçıoğlu, A. ve Yılmaz, G. (2021) "İnce Film Üretiminde Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi ve Çeşitleri", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), ss. 351–363.

Emmanuel, S.S. *vd.* (2023) "Greenly biosynthesized bimetallic nanoparticles for ecofriendly degradation of notorious dye pollutants: A review", *Plant Nano Biology*, 3, s. 100024.

Faraday, M. (1857) "On the relations of gold and other metals to light", *Proceedings of the Royal Society of London*, (8), ss. 356–361.

Giraldo, J.P. ve Kruss, S. (2023) "Nanosensors for monitoring plant health", *Nature Nanotechnology*, 18(2), ss. 107–108.

Hammami, I. ve Alabdallah, N.M. (2021) "Gold nanoparticles: Synthesis properties and applications", *Journal of king Saud university-science*, 33(7), s. 101560.

Hussain, M. *vd.* (2023) "Integrating nanotechnology with plant microbiome for next-generation crop health", *Plant Physiology and Biochemistry*, 196, ss. 703–711.

Ijaz, I. *vd.* (2020) "Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles", *Green chemistry letters and reviews*, 13(3), ss. 223–245.

Kermanian, M., Naghibi, M. ve Sadighian, S. (2020) "One-pot hydrothermal synthesis of a magnetic hydroxyapatite nanocomposite for MR imaging and pH-Sensitive drug delivery applications", *Heliyon*, 6(9).

Kong, J. *vd.* (2022) "Evaluation of copper (I)-doped zinc oxide composite nanoparticles on both gram-negative and gram-positive bacteria", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 643, s. 128742.

Kumar, A. ve Gangawane, K.M. (2022) "Synthesis and effect on the surface morphology & magnetic properties of ferrimagnetic nanoparticles by different wet chemical synthesis methods", *Powder Technology*, 410, s. 117867.

Kumar, R. *vd.* (2022) "Advances in biopolymeric nanopesticides: A new eco-friendly/eco-protective perspective in precision agriculture", *Nanomaterials*, 12(22), s. 3964.

Liu, L. *vd.* (2024) "Continuous supercritical hydrothermal synthesis of stabilized ZrO2 nanocomposites: Doping mechanism of typical metals and transition elements", *Materials Today Chemistry*, 35, s. 101902.

Low, Z.L. *vd.* (2022) "Ultrasonic cavitation: An effective cleaner and greener intensification technology in the extraction and surface modification of nanocellulose", *Ultrasonics Sonochemistry*, 90, s. 106176.

Loza, K., Heggen, M. ve Epple, M. (2020) "Synthesis, structure, properties, and applications of bimetallic nanoparticles of noble metals", *Advanced functional materials*, 30(21), s. 1909260.

Mahanty, S. *vd.* (2020) "Synergistic approach towards the sustainable management of heavy metals in wastewater using mycosynthesized iron oxide nanoparticles: biofabrication, adsorptive dynamics and chemometric modeling study", *Journal of Water Process Engineering*, 37, s. 101426.

Manickam, S. *vd.* (2023) "Ultrasonics and sonochemistry: Editors' perspective", *Ultrasonics*

Sonochemistry, 99, s. 106540.

Moriwaki, H. ve Yamamoto, H. (2013) "Interactions of microorganisms with rare earth ions and their utilization for separation and environmental technology", *Applied microbiology and biotechnology*, 97, ss. 1–8.

Niculescu, A.-G., Chircov, C. ve Grumezescu, A.M. (2022) "Magnetite nanoparticles: Synthesis methods–A comparative review", *Methods*, 199, ss. 16–27.

Noman, M. *vd.* (2020) "Green copper nanoparticles from a native Klebsiella pneumoniae strain alleviated oxidative stress impairment of wheat plants by reducing the chromium bioavailability and increasing the growth", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 192, s. 110303.

Nongbet, A. *vd.* (2022) "Nanofertilizers: A smart and sustainable attribute to modern agriculture", *Plants*, 11(19), s. 2587.

Padilla-Cruz, A.L. *vd.* (2021) "Synthesis and design of Ag–Fe bimetallic nanoparticles as antimicrobial synergistic combination therapies against clinically relevant pathogens", *Scientific Reports*, 11(1), s. 5351.

Pieła, A. *vd.* (2020) "Biogenic synthesis of silica nanoparticles from corn cobs husks. Dependence of the productivity on the method of raw material processing", *Bioorganic Chemistry*, 99, s. 103773.

Pochan, D. ve Scherman, O. (2021) "Introduction: Molecular self-assembly", *Chemical Reviews*. ACS Publications, ss. 13699–13700.

Ranjan, P. *vd.* (2020) "Dynamical aspects of nanoparticle formation by wire explosion process", *Nano Express*, 1(1), s. 10049.

Saleh, T.A. (2020) "Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities", *Environmental Technology & Innovation*, 20, s. 101067.

Sebastian, E.M. *vd.* (2020) "Nanolithography and its current advancements", *Materials Today: Proceedings*, 26, ss. 2351–2356.

Shafiei, N., Nasrollahzadeh, M. ve Iravani, S. (2021) "Green synthesis of silica and silicon nanoparticles and their biomedical and catalytic applications", *Comments on Inorganic Chemistry*, 41(6), ss. 317–372.

Shahin, Y.H. *vd.* (2022) "Micrococcus lylae MW407006 pigment: production, optimization, nano-pigment synthesis, and biological activities", *Biology*, 11(8), s. 1171.

Singh, Y. ve Saxena, M.K. (2022) "Insights into the recent advances in nano-bioremediation of pesticides from the contaminated soil", *Frontiers in Microbiology*, 13, s. 982611.

Suliz, K. V *vd.* (2022) "Control of cluster coalescence during formation of bimetallic nanoparticles and nanoalloys obtained via electric explosion of two wires", *Advanced Powder Technology*, 33(3), s. 103518.

Tamta, S. *vd.* (2024) "Recent development of nanobiomaterials in sustainable agriculture and agrowaste management", *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, s. 103050.

Ulhassan, Z. *vd.* (2022) "Efficacy of metallic nanoparticles in attenuating the accumulation and toxicity of chromium in plants: current knowledge and future perspectives",

Environmental Pollution, 315, s. 120390.

Wan, X., Li, C. ve Parikh, S.J. (2020) "Simultaneous removal of arsenic, cadmium, and lead from soil by iron-modified magnetic biochar", *Environmental Pollution*, 261, s. 114157.

Wang, S. *vd.* (2023) "Surface functionalization of metal and metal oxide nanoparticles for dispersion and tribological applications-a review", *Journal of Molecular Liquids*, s. 122821.

Xu, Q. *vd.* (2022) "Green reduction of graphene oxide using Bacillus sphaericus", *Journal of Colloid and Interface Science*, 605, ss. 881–887.

Yan, Q. *vd.* (2023) "Recovery and removal of rare earth elements from mine wastewater using synthesized bio-nanoparticles derived from Bacillus cereus", *Chemical Engineering Journal*, 459, s. 141585.

Yavuz, İ. ve Yılmaz, E.Ş. (2021) "Biyolojik Sistemli Nanopartiküller", *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2(1), ss. 93–108.

Zamani, H. *vd.* (2020) "Biosynthesis of silica nanoparticle using Saccharomyces cervisiae and its application on enhanced oil recovery", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 190, s. 107002.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Juglans regia L. TÜRÜNÜN GELENEKSEL VE FARMAKOLOJİK BAZI KULLANIMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Hülya ÖZPINAR
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
hulya1177@yahoo.com.tr- ORCID ID: 0000-0001-8154-0874

Doç. Dr. Necati ÖZPINAR
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
necati.ozpinar@mku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7317-885X

ÖZET

Juglandaceae familyasına üye türlerden biri olan *Juglans regia* L.(ceviz) ticari olarak öneme sahip türlerden birisi olduğu için dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu çalışmada türün Türkiye' de ve dünyanın farklı ülkelerinde olan geleneksel kullanımları ve farmakolojik etkileri hakkında bilgiler derlenmiştir. Türkiye' de yapılan etnobotanik çalışmalar sonucu cevizin farklı kısımlarının halk arasında haricen deri hastalıklarında antiseptik olarak, kanamaları durdurmak ve yaraları iyileştirmek amacıyla, dâhilen dekoksiyon halinde hipoglisemik etkisi nedeni ile ve romatizma ağrılarının hafifletilmesi amacıyla ve bazı illerde yapraklarının antihelmintik etkisi nedeniyle kullanıldığı tespit edilmiştir. Geleneksel olarak dünyanın farklı ülkelerinde *Juglans regia* L. türünün farklı kısımlarının, farklı deri rahatsızlıkları, mide rahatsızlıkları, astım, diyabet, prostat rahatsızlıkları, antihelmintik, antiseptik, antibakteriyel, astrenjan olarak ve aynı zamanda diş ağrısı ve diş temizliğinde kullanıldığı kayıt altına alınmıştır. Farmakolojik olarak da bir çok kullanıma sahip olan bu türün; özellikle bu derlemede öğrenme ve bellek üzerine olan etkileri, antidepresan, antidiyabetik, immünostimülan etkisi, antioksidan, antikanser, antimikrobiyal, antiviral, antihelmintik aktiviteleri üzerine olan çalışmalar incelenmiştir. Kimyasal içeriği hakkında da bilgi verdiğimiz, bir çok kozmetik preparatın içeriğinde de yer alan, Ayurvedik tıpta ve bazı geleneksel ve tamamlayıcı tedavi yöntemlerinde de yağı da kullanılan bu tür hakkında yaptığımız derlemenin gelecekte yapılacak çalışmalar için bir basamak olabileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler : *Juglans regia,* geleneksel kullanım, farmakolojik kullanım

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SOME TRADITIONAL AND PHARMACOLOGICAL USES OF *Juglans regia* L.

Assist. Prof. Dr. Hülya ÖZPINAR
Sivas Cumhuriyet University
hulya1177@yahoo.com.tr - ORCID ID: 0000-0001-8154-0874

Assoc. Professor Dr. Necati ÖZPINAR
Hatay Mustafa Kemal University
necati.ozpinar@mku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7317-885X

ABSTRACT

Juglans regia L. (walnut), a species belonging to the Juglandaceae family, is one of the commercially significant species and is widely cultivated around the world. This study compiles information on the traditional uses and pharmacological effects of the species in Turkey and various countries. Ethnobotanical studies conducted in Turkey have revealed that different parts of walnut are used externally for skin diseases as an antiseptic, to stop bleeding and heal wounds, and internally in decoction form for its hypoglycemic effects and for alleviating rheumatic pain. In some provinces, the leaves are used for their antihelmintic effects. Traditionally, in various countries around the world, different parts of *Juglans regia* L. have been recorded as being used for various skin disorders, gastrointestinal issues, asthma, diabetes, prostate disorders, as an antihelmintic, antiseptic, antibacterial, and astringent, as well as for toothaches and dental cleaning. Pharmacologically, this species has a wide range of uses, and in this review, studies on its effects on learning and memory, antidepressant, antidiabetic, immunostimulant, antioxidant, anticancer, antimicrobial, antiviral, and antihelmintic activities are examined. This species, which is also included in the content of many cosmetic preparations and is used in Ayurvedic medicine as well as some traditional and complementary treatment methods, is discussed in terms of its chemical composition. We believe that this review could serve as a stepping stone for future research on *Juglans regia* L.

Keywords: *Juglans regia*, traditional use, pharmacological use

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Juglans regia L. (walnut), a member of the Juglandaceae family, is one of the commercially important species and is widely cultivated worldwide. This species, which can reach up to 30 meters in height, has a trunk with a diameter of 1.5 to 2.5 meters. It forms a crown by branching extensively. The bark is gray in various shades and develops deep cracks as it ages. The leaves are 22-35 cm long and imparipinnate. They consist of 5-9 leaflets. The leaflets are 10-15 cm long, ovate-elliptic, with entire margins, and have a glossy green color. They are hairless, with only tufts of hairs at the junctions of veins on the underside of the leaflets. Male flowers are numerous and pendulous, forming amenta on the previous year's branches. The stamens are free and 3-4 in number, with short filaments. Female flowers are found on the young branches of the current year in clusters of 2-3. The ovary is bi-carpellate, with a short style and a wide, two-lobed stigma. The fruit is a drupe, 4-5 cm in diameter, spherical in shape. The pericarp is green, with the exocarp and mesocarp darkening over time. The woody endocarp, with its irregular surface, separates from the pericarp as it dries (Davis, 1982; Tanker et al., 1993).

J. regia L. has become an important species in Ayurveda and homeopathy due to its various chemical components. It contains biologically active compounds such as polyphenols, flavonoids, steroids, phospholipids, triterpenes, quinones, fatty acids, gallic acid, and ellagic acid. Ellagic acid is known for its anticancer properties and its ability to strengthen the immune system. The active component of the species is also identified as juglone. The bark of *J. regia* L. contains a high amount of polyphenolic compounds, which are responsible for its antioxidant and antibacterial activities. The leaves of *J. regia* L. are rich in alkaloids, saponins, and flavonoids, showing antidiabetic effects (Verma and Sharma, 2020). It has been determined that walnuts contain essential nutrients such as protein (13.6-22.3%), fat (56.4-70.6%), and ash (2%) (Şahin and Akbaş, 2001). The oil of walnuts contains 72% polyunsaturated fatty acids (59% linoleic, 13% α-linolenic), 18% monounsaturated fatty acid (oleic acid), and 10% saturated fatty acids (Lavedrine et al, 1999). Omega-3 (9.081g/100g) and Omega-6 (38.095g/100g) are important polyunsaturated fatty acids found in walnuts. Compared to other nuts, walnuts have the highest amount of Omega-3 fatty acids. Walnuts are also rich in essential amino acids, particularly L-arginine (Yiğit et al., 2005). Additionally, due to its fiber content, it is beneficial for the human digestive system (Serrano et al., 2005). The composition of walnut kernels includes fat-soluble vitamins A and E, water-soluble vitamins C, B1, B2, folic acid, pantothenic

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

acid, and niacin, and minerals such as iron, zinc, copper, magnesium, phosphorus, manganese, and copper (Yiğit et al., 2005).

The functional importance of walnuts is derived from antioxidants such as vitamin E, phytosterols, and polyphenols. It is reported to contain a high amount of δ-tocopherol (24-46 mg/100g). Polyphenols are primarily found in the thin brown shell that surrounds the fruit. Ellagic acid monomers, polymeric ellagitannins, and other phenolic compounds, such as flavonoids, have been identified in walnut fruits (Anderson et al., 2001). This study aims to compile information on the traditional uses and pharmacological effects of this species in Turkey and different countries around the world.

2. TRADITIONAL USES OF *Juglans regia* L.

The traditional uses of walnuts are similar in many countries. Traditionally, *Juglans regia* L. has been used for treating skin inflammations, excessive sweating, lymphatic diseases (scrofula), and eczema. It has also been found beneficial for dandruff, itching, superficial wounds, and sunburns on the scalp. Fresh walnut leaves have been applied to the body to reduce fever or relieve rheumatic pain. The seeds of *J. regia* have been used to treat inflammatory bowel diseases. Additionally, in Palestine, walnut is used in the treatment of diabetes, asthma, vascular diseases, and prostate disorders, while in India, walnut shells and roots are used for cleaning teeth and treating toothaches. The fruit's shell has also been documented as being used for the treatment of alopecia. In folk medicine, walnut leaves are used against mosquitoes and lice, while the walnut oil obtained is used to strengthen memory and improve vision (Bhardwaj et al., 2023).

In Turkey, walnuts are used in folk medicine externally as an antiseptic for skin diseases, to stop bleeding, and to heal wounds. Internally, decoctions are used for their hypoglycemic effects and to relieve rheumatic pain. Further information regarding the method and purpose of use can be found in Table 1.

Table 1. Traditional Uses of *Juglans regia* L. in Turkey (Tuzlacı, 2006; Tuzlacı, 2016)

Used Part	Location	Method of Use	Purpose of Use
Leaves	Elazığ, Izmir	Decoction	Used as an antihelmintic when consumed on an empty stomach in the mornings.
Leaves	Muğla	Decoction	Used for relieving stomach pain.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Leaves	Muğla	Crushed and applied to the painful area	Used for rheumatism treatment. Application should not be prolonged.
Leaves	Istanbul	Applied fresh to the leg	Used to relieve rheumatic pains.
Leaves	Istanbul	Boiled and wrapped in a cloth	Used for bee stings and to relieve rheumatic pains.
Leaves	Bilecik, Izmir, Nevşehir, Sakarya	Decoction	Used for diarrhea.
Leaves	Bilecik	Decoction	Used as an appetite stimulant.
Leaves	Aydın	Crushed and applied externally	Used for treating cracks on the hands.
Leaves	Trabzon	Decoction (after 3 days of rest)	Used for treating boils.
Leaves	Trabzon	Crushed to extract juice, applied externally	Used for treating cuts and wounds.
Leaves	Kırklareli	Sitting over the steam of decoction	Used for relieving menstrual cramps in women.
Leaves	Kırklareli	Placed inside shoes	Used to prevent foot sweating.
Leaves	Mersin	Decoction, soaked in cloth and placed over eyes	Used for relieving eye pain.
Leaves	Mersin	Infusion (1 teaspoon of leaf powder in 1 cup of water, consumed on an empty stomach, 2 cups per day)	Used to treat inflamed tonsils.
Unripe fruits	Balıkesir	Soaked in sugar and vodka for a while	Used for diarrhea.
Unripe fruits	Isparta, Istanbul	One fruit consumed per day	Used for treating goiter.
Fruits	Sakarya	Decoction (one cup per day)	Used for diarrhea.
Young fruits (referred to as walnut's "bulb" in folk terminology)	Antalya	Consumed in pill form	Used for shortness of breath.
Green fleshy skin of the fruits	Niğde	Decoction	Facilitates digestion.
Leaves and fruit shells	Trabzon	Decoction, externally	Used for hair thickening and dandruff treatment.
Seeds	Aydın	Crushed and mixed with honey	Used as a bowel softener for children and for treating bronchitis.
Seeds	Trabzon	Decoction	Used for treating goiter.
Seeds	Kırklareli	Consumed 3 seeds per day for 2-3 days	Used as a blood pressure regulator.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Roots	Elazığ	Soaked in olive oil from spring to autumn, externally	Used for relieving rheumatism and muscle pains.
Bark of branches	Trabzon	Peels, remaining part used in decoction (in the morning)	Used for treating boils.
Branches and leaves	Isparta	Infusion prepared with leaves of *Quercus coccifera*, leaves and fruits of *Rubus sanctus*, and rhizomes of *Sorghum halepense*	Used in cancer treatment.
Bark of trunk	Trabzon	Decoction	Used for diarrhea.
Bark of trunk	Aydın	Decoction	Used as a blood sugar reducer.
Bark of trunk	Aydın	Sitting over the steam of decoction	Used for treating menstrual pain in women.
Trunk and branch bark	Çanakkale	Decoction	Used for relieving stomach pain.
Young shoots	Balıkesir	Decoction prepared and soaked in cloth, applied to the painful area	Used for relieving rheumatic pains.

3. PHARMACOLOGICAL USES OF *Juglans regia* L.

3.1. Anthelmintic Activity

The ethyl acetate, acetone, ethanol, methanol, and aqueous extracts of the stem bark of *J. regia* L. were tested for their anthelmintic activity against *Eicinia foetida*. It was observed that the acetone and methanol extracts caused significant paralysis and death of the worms in a dose-dependent manner when compared to the standard Albendazole, while the ethanol extract showed weak activity (Kale et al., 2011).

In another study testing the antihelmintic activity of the stem bark extracts (petroleum ether, benzene, chloroform, acetone, methanol, ethanol, and water) on the Indian earthworm *Pheretima posthuma*, it was found that the benzene, methanol, and ethanol extracts exhibited significant anthelmintic activity when compared to the control group treated with Piperazine citrate (Upadhyay et al., 2010).

A study testing the petroleum ether, methanol, and water extracts of *J. regia* leaves on *Pheretima posthuma* in vitro showed that the water extract of the leaves exhibited more significant activity than the petroleum ether extract (Das et al., 2011). The traditional use of the leaves for this purpose is also documented.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.2. Antidepressant Activity

In a study investigating the effects of *J. regia* fruit on depression in rats, the results of the forced swimming and tail suspension tests revealed that the hexane extract of the fruit at doses of 100 mg/kg or 150 mg/kg demonstrated antidepressant activity. In another study, antidepressant effect tests were conducted in mice using petroleum ether, ethanol, chloroform, and water extracts of almonds and walnuts. The elevated plus maze (EPM) and forced swimming test (FST) were applied, and it was found that the ethanol extract of *J. regia* at doses of 200 mg/kg and 400 mg/kg exhibited significant antidepressant activity (Verma and Sharma, 2020).

3.3. Antidiabetic Activity

In an in vitro study, the inhibition effects of various extracts of *J. regia* leaves on the enzymes α-amylase and α-glucosidase were tested. It was found that the extract obtained by microwave-assisted extraction inhibited α-amylase the most, while the Soxhlet extraction method was more effective against α-glucosidase (Bourais et al., 2023). In a study on gestational diabetes, treatment of pregnant rats with *J. regia* walnut oil, which contains unsaturated fatty acids (oleic acid 15.36%, linolenic acid 12.81%, linoleic acid 62.47%), was shown to normalize glucose, insulin, and lipid metabolism, improve fetal body and placenta weight, and reduce embryo mortality (Sun et al., 2020).

3.4. Antimicrobial and Antiviral Effects

In a study investigating the antiviral activities of different extracts of *J. regia* leaves, it was found that antiviral compounds were present in the ethanol and ethyl acetate extracts. These compounds were able to prevent the Tobacco Mosaic Virus (TMV) from infecting *Nicotiana glutinosa* species (Mei-zhi, 2007). In addition, in silico analyses examined the antiviral properties of juglone, revealing that juglone could be a strong candidate as an antiviral drug due to its protein-ligand binding affinity (Vardhini, 2014).

Numerous studies have investigated the antimicrobial effects of *J. regia*. A study using the disc diffusion method found that *J. regia* leaf extracts exhibited antibacterial activity against *Propionibacterium acnes* and other microorganisms involved in acne formation. These extracts were suggested to be effective for acne treatment (Qa'dan, 2005).

3.5. Antioxidant and Anticancer Effects

Various studies have tested the methanolic and petroleum ether extracts of different parts of *J. regia* such as its leaves, seeds, and bark. It was found that methanol and petroleum

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ether extracts possess the ability to scavenge DPPH free radicals and prevent oxidative hemolysis induced by AAPH. Additionally, a study analyzing the antioxidant activity of various parts of the walnut tree demonstrated that the phenolic extracts from the fruit exhibited the highest antioxidant activity compared to all other extracts (Arya et al., 2020).

In a study conducted in 2016, the anticancer and antioxidant activities of walnut protein hydrolysates were investigated. It was found that walnut peptide fractions inhibited cell growth in breast and colon cancer cells, suggesting a direct relationship between their antioxidant and anticancer activities (Jahanbani et al., 2016). In a different study conducted in 2012, the antiproliferative activity of leaf extracts and different fractions of *J. regia* was tested on various cancer cell lines. The methanol fraction was found to have the highest content of total phenolics, flavonoids, and concentrated tannins, indicating that these walnut fractions might contain effective compounds that could be used as therapeutic agents (Salimi et al., 2012).

3.6. Effects on Learning and Memory

In a study conducted in 2009, the effects of walnuts on motor and cognitive functions in elderly rats were evaluated in a dose-dependent manner. It was suggested that walnuts have the ability to reverse age-related motor and cognitive dysfunctions (Willis, 2009). Another study conducted in 2011 indicated that walnuts improved memory and learning functions by increasing serotonin levels in the brain, potentially contributing to progress in these functions and possibly helping to reduce obesity. Additionally, a study involving pregnant and lactating rats assessed the impact of walnut consumption on the learning and memory of their offspring, revealing a significant improvement in the learning and memory abilities of the pups (Arya et al., 2020).

3.7. Immunostimulatory Effects

It has been reported that treatment with different parts of Juglans regia can reduce the effects of oxidative stress, leading to improvements in the oxidative stress profile. These improvements were characterized by the normalization of lymphocyte, red and white blood cell, and platelet levels. The immunostimulants found in high amounts in walnut septum extract, particularly quercetin (quercetin-3-O-rhamnoside), isoquercetin (quercetin-3-D-glucoside), hyperoside (quercetin-3-D-galactoside), and two phytosterols (β-sitosterol and campesterol), were identified as key components responsible for these effects (Bourais et al., 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. CONCLUSIONS

Juglans regia, a species that has been used for thousands of years and holds economic value, has been studied in this work, and information has been compiled regarding its traditional uses and pharmacological effects in Turkey and various countries around the world. Numerous studies have been conducted on the effects of different parts of the species, covering both traditional and pharmacological uses. Moreover, the oil of this species is used in Ayurvedic medicine and some traditional and complementary treatment methods. We believe that this review could serve as a stepping stone for future studies on the subject.

REFERENCES

Arya, A. K., Arora, M., & Singh, M. F., A review on pharmacological activity of *Juglans regia*, *International Journal of Pharmacognosy and Chemistry*, 7, 1-11, 2020.

Anderson, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L., and Steinberg, F.M., Walnut polyphenols inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation. *The Journal of Nutrition*, 131(11), 2837-2842, 2001.

Bhardwaj, A., Singh, A., Patnaik, R. S., & Bhardwaj, S., *Juglans regia* L: A review of its traditional uses, phytochemistry, and therapeutic applications. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 14(1), 11-16, 2023.

Bourais, I., Elmarrkechy, S., Taha, D., Mourabit, Y., Bouyahya, A., El Yadini, M., ... & Iba, N., A review on medicinal uses, nutritional value, and antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, and anticancer potential related to bioactive compounds of *J. regia*, *Food Reviews International*, 39(9), 6199-6249, 2023.

Das, R., Mehta, D. K., & Gupta, A., In vitro anthelmintic activity of leaves of *Juglans regia* L against *Pheretima posthuma*, *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 1(1), 78-82, 2011.

Davis, P. H., *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 3. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 3, 1970.

Jahanbani, R., Ghaffari, S. M., Salami, M., Vahdati, K., Sepehri, H., Sarvestani, N. N., Sheibani, N., Moosavi-Movahedi, A. A. Antioxidant and Anticancer Activities of Walnut (*Juglans regia* L.) Protein Hydrolysates Using Different Proteases. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(4):402-409, 2016.

Kale, A. A., Gaikwad, S. A., & Kamble, G., In vitro anthelmintic activity of stem bark of *Juglans regia* L., *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 3(2), 298-302, 2011.

Lavedrine, F., Zmirou, D., Ravel, A., Balducci, F., and Alary, J., Blood cholesterol and walnut consumption: a cross-sectional survey in France, *Preventive Medicine*, 28(4), 333-339, 1999.

Mei-zhi, Z., Study on extraction conditions of active antiviral substance from walnut leaves. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2., 2007.

Mollica, A., Zengin, G., Locatelli, M., Stefanucci, A., Macedonio, G., Bellagamba, G., ... & Novellino, E., An assessment of the nutraceutical potential of *Juglans regia* L. leaf powder in diabetic rats, *Food and Chemical Toxicology*, 107, 554-564, 2017.

Qa'dan, F., The antimicrobial activities of *Psidium guajava* and *Juglans regia* leaf extracts to acne-developing organisms. *The American Journal of Chinese Medicine*, 33(02): 197-04, 2005.

Salimi, M., Majd, A., Sepahdar, Z., Azadmanesh, K., Irian, S., Ardestaniyan, M. H., Hedayati, M. H., Rastkari, N., Cytotoxicity effects of various *Juglans regia* (walnut) leaf extracts in human cancer cell lines. *Pharmaceutical Biology*, 50, 11, 1416-22, 2012.

Serrano, A., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Olmedilla-Alonso, B., Herrero-Barbudo, C., and Jiménez-Colmenero, F., Nutritional profile of restructured beef steak with added walnuts, *Meat Science*, 70(4), 647-654, 2005.

Sun, B., Yan, H., Li, C., Yin, L., Li, F., Zhou, L., & Han, X., Beneficial effects of walnut (*Juglans regia* L.) oil-derived polyunsaturated fatty acid prevents hyperlipidemia and oxidant status in pregnant rats with diabetes, 1-20, 2020.

Şahin, İ., Akbaş, H., Research on the Technological Properties of Walnuts from Different Regions and Varieties. *Turkey 1st National Walnut Symposium*, Tokat, 104-114, 2001.

Tanker, N., Koyuncu, M., and Coşkun, M., *Pharmaceutical Botany Textbook*, Ankara University Faculty of Pharmacy Publications, Publication (70), 449, 1993.

Tuzlacı, E., *In the Name of Healing: Herbal Folk Remedies of Turkey*, Alfa Publishing, 2006.

Tuzlacı, E., *Traditional Medicine Guide of Turkish Plants: Traditional Treatments with Plants in Turkey*, İstanbul Medical Health and Publishing, 2016.

Upadhyay, V., Kambhoja, S., Harshaleena, K., & Dhruva, K., Anthelmintic Activity of the Stem Bark of *Juglans regia* Linn., *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(6), 467-470, 2010.

Vardhini, S. R., Exploring the antiviral activity of juglone by computational method. *Journal of Receptors and Signal Transduction*, 34(6): 456-57, 2014.

Verma, G., & Sharma, V., A Scientific Update on *Juglans Regia* Linn., *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 8(3), 166-175, 2020.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Willis, L. M., Shukitt-Hale, B., and Joseph, J. A., Recent advances in berry supplementation and age-related cognitive decline, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 12(1), 91-94, 2009.

Yiğit, A., Ertürk, Ü., and Korukluoğlu, M., *A Functional Food: Walnut*, *Bahçe*, 34(1), 163-170, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Cucurbita pepo L. ve *Persea gratissima* Gaertner TÜRLERİNİN KİLO KONTROLÜNDE VE GELENEKSEL OLARAK KULLANIMINA GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Hülya ÖZPINAR
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
hulya1177@yahoo.com.tr- ORCID ID: 0000-0001-8154-0874

Doç. Dr. Necati ÖZPINAR
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
necati.ozpinar@mku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7317-885X

ÖZET

Son yıllarda toplumda artan obezite oranından dolayı; insanlar birçok bitki türünü kilo kontrolü amacıyla tercih etmektedir. Bilinçli veya bilinçsiz şekilde tüketilen türler, aslında bilinçsiz tüketildiği takdirde insan sağlığı için önemli bir tehlike grubunu oluşturmaktadır. Çalışmamızda kilo kontrolü amacıyla tercih edilen türlerden ikisi olan *Cucurbita pepo* L. ve *Persea gratissima* Gaertner türlerinin botanik özellikleri, kimyasal bileşenleri ve geleneksel kullanımları hakkında yapılan çalışmalar derlenmiştir. *Cucurbita pepo* L. Cucurbitaceae familyasına üye bir tür olup; polisakkaritler, sabit yağlar, steroller, proteinler ve peptitler gibi çeşitli biyolojik olarak aktif bileşenler bakımından zenginken, meyvenin düşük yağ içeriğinden dolayı diyet listelerinin en çok tercih edilen gıda maddelerinden birini oluşturmaktadır. Türkiye' nin değişik bölgelerinde tohumları dâhilen prostat rahatsızlıklarında, haricen ise lapası boğaza uygulanarak ağrılı öksürük ve bronşit tedavisinde kullanılmaktadır. Tohumları aç karnına yenilerek veya dekoksiyon halinde antihelmintik amaçla kullanıldığı da etnobotanik çalışmalarda kayıt altına alınmıştır. Yine farklı ülkelerde, antienflamatuar olarak çeşitli hastalıkların tedavisinde, antiviral, analjezik, antiülser, antidiyabetik ve antioksidan olarak kullanımları mevcuttur. *Persea gratissima* Gaertner türü ise Lauraceae familyasına üye, kimyasal içeriği varyetelerinin farklılığı, olgunlaşma miktarı ve kültür koşuluna bağlı olarak değişebilen bir türdür. Türün farklı kısımlarında tanımlanan ana fenolik bileşikler; klorojenik asit ve bazı flavonoidlerin türevleridir. Yüksek yağ ve lif bileşimi içeren türün, tokluğu koruyup, barsak florasını etkileyerek kilo kaybına fayda sağladığı birçok kaynakta ifade edilmektedir. Ayrıca türün, besin olarak kullanımının yanı sıra kanser ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere bazı hastalıkların geleneksel tedavi yöntemlerinde de kullanıldığı bilgileri mevcuttur.

Anahtar Kelimeler : *Cucurbita pepo, Persea gratissima*, geleneksel kullanım, kilo kontrolü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AN OVERVIEW OF THE USE OF *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner SPECIES IN WEIGHT CONTROL AND TRADITIONAL USES

Assist. Prof. Dr. Hülya ÖZPINAR
Sivas Cumhuriyet University
hulya1177@yahoo.com.tr - ORCID ID: 0000-0001-8154-0874

Assoc. Professor Dr. Necati ÖZPINAR
Hatay Mustafa Kemal University
necati.ozpinar@mku.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-7317-885X

ABSTRACT

In recent years, due to the increasing rates of obesity in society, people have started to prefer many plant species for weight control. However, species consumed consciously or unconsciously can pose significant health risks when used improperly. This study compiles the botanical characteristics, chemical components, and traditional uses of two species preferred for weight control: *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner. *Cucurbita pepo* L. a member of the Cucurbitaceae family, is rich in various biologically active compounds such as polysaccharides, fixed oils, sterols, proteins, and peptides. Due to its low-fat content, its fruit is one of the most preferred dietary foods. In different regions of Turkey, its seeds are consumed internally for prostate disorders and externally as a poultice applied to the throat for the treatment of painful cough and bronchitis. Ethnobotanical studies have also documented its use as an antihelmintic by eating the seeds on an empty stomach or using them as a decoction. Additionally, in different countries, it has been utilized as an anti-inflammatory in the treatment of various diseases and for its antiviral, analgesic, antiulcer, antidiabetic, and antioxidant properties. *Persea gratissima* Gaertner, a member of the Lauraceae family, is a species whose chemical composition varies depending on its variety, ripening degree, and cultivation conditions. The primary phenolic compounds identified in various parts of the species are chlorogenic acid and derivatives of certain flavonoids. The species, which contains a high composition of fat and fiber, is stated in many sources to contribute to weight loss by maintaining satiety and influencing gut flora. Additionally, it is reported that the species is not only used as food but also in traditional treatment methods for certain diseases, particularly cancer and cardiovascular diseases.

Keywords: *Cucurbita pepo*, *Persea gratissima*, traditional use, weight control

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

In recent years, the rapidly increasing obesity problem in global societies is fundamentally rooted in the imbalance between energy intake and expenditure. This issue, which constitutes a significant risk factor for various diseases such as diabetes, cardiovascular diseases, and metabolic syndrome, has led people to explore different methods to combat it (Wang et al., 2022). Many individuals prefer various plant species for weight management. However, species consumed consciously or unconsciously can pose a significant health risk if consumed without proper knowledge.

The literature presents several theories regarding the effects of plants used for weight loss. Among these, the most widely accepted theory suggests that the primary reasons plants are preferred in diets are their low-calorie density and low-fat content (Ivanova et al., 2021). Additionally, some experimental evidence indicates that changes in body weight, body composition, and insulin sensitivity in overweight adults following a low-fat vegan diet are associated with alterations in gut microbiota composition (Kahleova et al., 2020).

This study aims to compile research on the botanical characteristics, chemical components, and traditional uses of two species commonly preferred for weight management: *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner.

2. The Use of *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner Species in Weight Control

2.1. Botanical Characteristics, Chemical Composition, and Use of *Cucurbita pepo* L. in Weight Control

Cucurbita pepo L., a member of the Cucurbitaceae family, is a creeping-climbing plant that can grow up to 15 meters in length. Its root system is shallow and branched, growing from a well-developed taproot (Ratnam et al., 2017). The branches can extend from 6 to 24 cm, while the leaves are simple, alternate, with a length of 20-30 cm and width of 10-35 cm. They are covered in stiff hairs, have petioles, and are 5-7 lobed with a cordate base. The petiole length is between 6 and 9 cm. The flowers are solitary, yellow, and actinomorphic in symmetry. The male flowers are long and pedicellate. They have a calyx that is 5-10 mm long and almost 5-15 mm wide, with linear sepals that widen towards the base, and a corolla that is 6 to 12 cm long and ranges in color from yellow to pale orange, forming a campanulate shape. The flower has three stamens. The female flowers are larger, having thick pedicels 3-5 cm long, an oval to elliptical, multi-chambered ovary, and a corolla that is slightly larger than the male flowers. They also have a thickened style and three-lobed stigmas. The fruit comes in various sizes and shapes,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

including oval, cylindrical, flattened, spherical, fusiform, and/or narrowed at one or both ends with a curved or straight neck. The seeds are numerous, white, oval, about 2 cm long, and blunt at the tip (Ratnam et al., 2017).

The pumpkin contains various biologically active components such as polysaccharides, fixed oils, sterols, proteins, and peptides (Caili et al., 2006). The fruit has a low fat content (2.3%) and pumpkin pulp is not a rich source of fat, but it contains carbohydrates (66%), protein (3%), and a high amount of carotenoids (9-171.9 µg/g) (Elinge et al., 2012). Lutein is the most abundant carotenoid. The pumpkin pulp also contains alpha and gamma-tocopherol. However, beta- or delta-tocopherol has not been found (Kulczyński and Gramza-Michałowska, 2019). One hundred grams of pumpkin provides 80 kcal and contains 11.46% fiber. The pulp is high in Mn (0.5 mg/kg), Fe (1.37 mg/kg), Cu (mg/kg), Pb (0.29 g/kg), P (11.38 mg/kg), Ni (0.5 mg/kg), Ca (179 mg/kg), Mg (190 mg/kg), Na (159 mg/kg), and K (160 mg/kg), indicating a rich mineral content. The levels of lead (Pb) and copper (Cu) are within acceptable ranges. The seeds and seed oil are a rich natural source of phytosterols, proteins, polyunsaturated fatty acids, antioxidant vitamins, carotenoids, tocopherols, and various elements. Additionally, the seeds contain squalene, a precursor compound involved in the biosynthesis of steroid hormones, cholesterol, and vitamin D in the human body. This compound has also been shown to have positive effects in the treatment of certain types of cancer (Ratnam et al., 2017). Studies have shown that the plant's leaves contain alkaloids, flavonoids, phytosterols, tannins, saponins, steroids, resins, mucilage, fixed oils and fats, proteins, and amino acids (Kalaiselvi et al., 2016).

All anatomical parts of the plant are edible, but the seeds and pulp are of particular importance in terms of food processing and nutrition. In the food industry, pumpkin pulp is primarily used in the production of purees, meals, and fruit juices, particularly for children and infants (Kulczyński and Gramza-Michałowska, 2019). Oxidative stress is considered one of the factors contributing to obesity. Various experimental studies have demonstrated that pumpkin exhibits antioxidant activity. Tocopherols (non-glucosidic) are plant oil compounds and natural antioxidants. Pumpkin seed oil contains a mixture of β and δ-tocopherol isomers, which together make up 79% and 84% of the total tocopherol content, respectively (Ratnam et al., 2017).

2.2. Botanical Characteristics, Chemical Composition, and Use of *Persea gratissima* Gaertner in Weight Control

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Persea gratissima Gaertner, a member of the Lauraceae family, is a woody tree that can reach a height of approximately 9-20 meters and a trunk diameter ranging from 80 cm to 1 meter (Tavlı and Özkan, 2020; Majid et al., 2020). Although the avocado is known to be an evergreen species, some varieties show leaf shedding before flowering. The leaves can grow to 7-41 cm in length and may vary in shape. While young leaves are hairy and reddish, they become smooth and dark green as they mature. The flowers are yellow-green in color and have a diameter ranging from 1 to 1.3 cm. The flowers are arranged in inflorescences, which contain numerous flowers and are located in a pseudo-terminal position. The central axis of the inflorescence ends with a shoot. The fruit contains a large seed and is surrounded by a fatty fleshy part (Yasir et al., 2010).

The chemical content of the plant varies depending on its variety, degree of ripeness, and cultural conditions (Tavlı and Özkan, 2020). It has been found that the nutritional composition of avocado pulp contains 67-78% moisture, 12-24% lipids, 0.8-4.8% carbohydrates, and 1.0-3.0% protein (Araújo et al., 2018). Known as the "butter fruit," avocado is preferred as an energy source due to its high lipid content. It is rich in monounsaturated fatty acids (about 60%), including oleic, linoleic, and linolenic acids, as well as polyunsaturated and saturated fatty acids (Tavlı and Özkan, 2020). Oleic acid, a monounsaturated fatty acid, is considered the characteristic component of the fruit (Demircan and Velioğlu, 2021). Avocado also contains significant amounts of Omega-6 and small amounts of Omega-3 fatty acids (Şan et al., 2022). In addition to these, avocado is known as a "healthy fruit" due to its content of important vitamins (B1, B2, B6, B9, B12, C, D, E, and K), essential minerals such as potassium, magnesium, phosphorus, calcium, essential amino acids (valine, lysine, phenylalanine, isoleucine, leucine, threonine, and methionine), pigments (anthocyanins, chlorophylls, and carotenoids), sterols, and phenolic compounds. The fruit contains 80% dietary fiber, with 30% soluble and 70% insoluble fiber. The fleshy part of the fruit comprises 65-75% of its total mass (Demircan and Velioğlu, 2021; Tan and Ghazali, 2019; Tavlı and Özkan, 2020).

Studies have shown that increasing avocado consumption reduces the risk of obesity (Demircan and Velioğlu, 2021). It has been reported that avocado consumers have significantly lower abdominal obesity, body weight, and body mass index (BMI) compared to those who do not consume avocado. Avocado, with its high fat and fiber content, helps maintain satiety and supports weight loss by altering the gut microbiota composition. Due to its digestible fats and low sugar content, it is used in the diets of individuals with diabetes (Adaramola et al., 2016). An average avocado weighing 300 grams contains approximately 478 kcal (Dal-Bó and Freire,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2022). In a study conducted with over 55,000 people, it was observed that individuals who consumed avocado in their diets had gained less weight after 11 years and had a lower risk of developing obesity (Khan et al., 2021).

3. Traditional Use of *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner Species

3.1. Traditional Use of *Cucurbita pepo* L.

In various regions of Turkey, the seeds of *Cucurbita pepo* are used to treat urinary difficulties caused by prostate disorders. Additionally, a paste made by boiling the seeds in milk or water is applied externally to the throat for the treatment of painful cough and bronchitis. Other uses of the plant are listed in the table below. The seeds are also consumed on an empty stomach or used as a decoction for antihelminthic purposes, as recorded in ethnobotanical studies (Table 1). *Cucurbita pepo* is traditionally used in many countries for various purposes. It is utilized as an anti-inflammatory for the treatment of various diseases, as well as for its antiviral, analgesic, antiulcer, antidiabetic, and antioxidant properties (Ratnam et al., 2017). Table 1 below presents the various plant parts and their uses.

Table 1: Traditional Uses of Pumpkin (*Cucurbita pepo*) (Tuzlacı, 2006; Tuzlacı, 2016))

Used Part	Location	Method of Use	Purpose
Seed	Ankara, Erzincan, Erzurum, Istanbul, Muğla	Consumed on an empty stomach	Against intestinal worms
Seed	Uşak	Used as a decoction after being crushed	Against intestinal worms
Seed	Uşak	Used as a decoction after being crushed	Against constipation
Fruit	Mersin	Stuffed or prepared as a dish with olive oil	Against constipation

3.2. Traditional Use of *Persea gratissima* Gaertner

Avocado has primarily been used as a food source (Demircan and Velioğlu, 2021). The fruit and leaf extracts of the plant have been incorporated into traditional medicines (Egbuonu et al., 2017). Additionally, the seeds of this species have traditionally been used to control hyperglycemia in diabetic patients. This traditional use has been tested in an animal experiment using diabetic rats. According to the results of the experiment, the water extract of the seed demonstrated a significant hypoglycemic effect (Alhassan et al., 2012). In addition to its use as

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

a food, there is information about its use in traditional treatments for diseases such as cancer and cardiovascular diseases (Şan et al., 2022). Furthermore, this species has been documented as being used in traditional medicine for the treatment of various diseases, including hypertension, stomach pain, bronchitis, diarrhea, and diabetes (Yasir et al., 2010).

4. CONCLUSION

Throughout human history, plants have been used for various purposes. In addition to being valuable food sources, they have also had numerous traditional uses. In this study, the botanical characteristics, chemical compositions, uses in weight control, and traditional uses of *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner were compiled, aiming to provide a resource for future research on these species.

Obesity has become one of the most significant health issues in recent years. As a factor contributing to many diseases, obesity is being addressed through various diet types alongside exercise. However, compared to some high-risk diet types, plant-based diets, in particular, appear to be a safe, reasonable, and long-term solution for obesity. Plants are a good source for diets due to their low-calorie content and positive effects on gut flora (Ahmad, 2022). The *Cucurbita pepo* L. and *Persea gratissima* Gaertner species, which we examined in our study, are among the most preferred species in diet plans. Furthermore, the traditional uses we listed for both species can serve as a guiding resource for future studies.

REFERENCES

Adaramola, B., Onigbinde, A., and Shokunbi, O., Physiochemical properties and antioxidant potential of *Persea americana* seed oil, *Chemistry International*, 2, 3, 168-175, 2016.
Ahmad, S. R., Plant-based diet for obesity treatment, *Frontiers in Nutrition*, 9, 952553, 2022.
Alhassan, A. J., Sule, M. S., Atiku, M. K., Wudil, A. M., Abubakar, H., & Mohammed, S. A., Effects of aqueous avocado pear (*Persea americana*) seed extract on alloxan-induced diabetes in rats, *Greener Journal of Medical Sciences*, 2, 1, 005-011, 2012.
Araújo, R.G., Rodriguez-Jasso, R.M., Ruiz, H.A., Pintado, M.M.E., and Aguilar, C.N., Avocado By-Products: Nutritional and Functional Properties, *Trends in Food Science and Technology*, 80, 51-60, 2018.
Caili, F. U., Huan, S. H. I., & Quanhong, L. I., A Review on Pharmacological Activities and Utilization Technologies of Pumpkin, 73-80, 2006.
Dal-Bó, V., and Freire, J. T., Effects of lyophilization on colorimetric indices, phenolic content, and antioxidant activity of avocado (*Persea americana*) pulp, *Food Control*, 132, 108526, 2022.
Demircan, B., and Velioğlu, Y. S., Avocado: Composition and health effects, *Akademik Gıda*, 19, 3, 309-324, 2021.

Egbuonu, A. C. C., Opara, C. I., Atasie, O. C., and Mbah, U. O., Vitamin composition and antioxidant properties in normal and monosodium glutamate-compromised rats' serum of *Persea americana* (Avocado Pear) seed, *Open Access Journal of Chemistry*, 1, 19-24, 2017.
Elinge, C. M., Muhammad, A., Atiku, F. A., Itodo, A. U., Peni, I. J., Sanni, O. M., & Mbongo, A. N., Proximate, mineral, and anti-nutrient composition of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed extract, *International Journal of Plant Research*, 2, 5, 146-150, 2012.
Ivanova, S., Delattre, C., Karcheva-Bahchevanska, D., Benbasat, N., Nalbantova, V., Ivanov, K., et al., Plant-based diet as a strategy for weight control, *Foods*, 10, 3052, 2021.
Kahleova, H., Rembert, E., Alwarith, J., Yonas, W. N., Tura, A., Holubkov, R., ... & Barnard, N. D., Effects of a low-fat vegan diet on gut microbiota in overweight individuals and relationships with body weight, body composition, and insulin sensitivity. A randomized clinical trial, *Nutrients*, 12(10), 2917, 2020.
Kalaiselvi, K., & Selvi, S., Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of *Cucurbita pepo* Leaves, 3, 375-377, 2016.
Khan, N. A., Edwards, C. G., Thompson, S. V., Hannon, B. A., Burke, S. K., Walk, A. D., and Holscher, H. D., Avocado consumption, abdominal adiposity, and oral glucose tolerance among persons with overweight and obesity, *The Journal of Nutrition*, 151, 9, 2513-2521, 2021.
Kulczyński, B., and Gramza-Michałowska, A., The profile of secondary metabolites and other bioactive compounds in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* pumpkin cultivars, *Molecules*, 24, 16, 2945, 2019.
Majid, D., Dar, B. N., Parveen, S., Jabeen, A., Allai, F. M., Sofi, S. A., and Ganaie, T. A., Avocado, Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits, 103-123, 2020.
Ratnam, N., Naijibullah, M., and Ibrahim, M. D., A review on *Cucurbita pepo*, *Int J Pharm Phytochem Res*, 9, 1190-1194, 2017.
Şan, B., Yıldırım, A., Yıldırım, F., Binici, S., Çelik, C., Bayram, S., and Yılmazer, M., Fatty acid content of some avocado (*Persea americana* Mill.) varieties under ecological conditions of Antalya, *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 27, 3, 525-531, 2022.
Tan, C. X., and Ghazali, H. M., Avocado (*Persea americana* Mill.) oil, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality*, 353-375, 2019.
Tavlı, Ö. F., and Özkan, E. E., Evaluation of *Persea americana* Mill. (Avocado) and its medicinal aspects in Turkish culture, *Mersin University Faculty of Medicine Lokman Hekim Journal of Medical History and Folkloric Medicine*, 10, 1, 28-36, 2020.
Tuzlacı, E., *Şifa Niyetine: Türkiye'nin bitkisel halk ilaçları* (In the name of healing: Herbal folk remedies of Turkey), Alfa Publishing, 2006.
Tuzlacı, E., *Türkiye Bitkileri Geleneksel İlaç Rehberi: Türkiye'de Bitkilerle Geleneksel Tedavi* (Traditional Medicine Guide of Turkish Plants: Traditional Treatments with Plants in Turkey), İstanbul Medical Health and Publishing, 2016.
Wang, H. N., Xiang, J. Z., Qi, Z., & Du, M., Plant extracts in prevention of obesity, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 2221-2234, 2022.
Yasir, M., Das, S., and Kharya, M. D., The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill., *Pharmacognosy Reviews*, 4, 7, 77, 2010.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

HASBAMBULOTU (*HELİOTROPİUM haussknechtii Bunge*) EKSTRAKTLARININ SAĞLIKLI HÜCRE HATLARINDA ETKİLERİN İNCELENMESİ

Hasan DAĞLI[1], İ.Seyfettin Çelik[2]

[1]kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tıbbi Biyokimya, Onikişubat/Kahramanmaraş, Türkiye
hasandagli63@gmail.com ORCID: 0000-0003-2756-6277

[2]kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sağlık Meslek Yüksekokulu Onikişubat/Kahramanmaraş, Türkiye
i.seyfettincelik@gmail.com ORCID: 0000-0001-6946-4477

Hasbambulotu (Heliotropium haussknechtii bunge), Türkiye'nin Adana alt bölgesine endemik bir bitki türüdür. Çiçekleri, güneşe yönelme özelliği gösterir ve bu özellik, bitkinin bilimsel adı olan *Heliotropium* kelimesiyle yansıtılmaktadır. Endemik bitkiler, özel bileşikler içerir ve bunlar kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye, tümörlerin yayılmasını durdurmaya ya da kanser hücrelerini öldürmeye yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Bu bağlamda, *Heliotropium haussknechtii* ekstraktlarının sağlıklı hücre hattlarında incelenmesi, ileriye dönük kanser çalışmaları için önemli bir adım teşkil etmektedir. Bu çalışmalar, bitkinin sitotoksik etkilerinin belirlenmesini ve potansiyel anti-kanserojen özelliklerinin ortaya konmasını amaçlamaktadır.Bitkiler kurutulup öğütülerek metanolde çözülmüş ve Soxhlet ekstraksiyonu ile 65°C'de 4-6 saat işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen özüt, çözücüsünden arındırılarak kurutulmuş ve +4°C'de saklanmıştır. Beas-2B hücre hattı DMEM, Huvec hücre hattı ise RPMI 1640 ortamında kültüre edilmiştir. Hücre canlılığı, MTT assay yöntemiyle değerlendirilmiş, absorbans ölçülerek IC50 değeri hesaplanmıştır. Deneyler üç kez tekrarlanmıştır.MTT boyası eklenip 4 saat inkübe edildikten sonra absorbans 570 nm'de ölçülerek IC50 ve seçicilik indeksi hesaplanmıştır. Beas-2B ve Huvec hücre hatlarında elde edilen veriler, bileşiklerin etkisini göstermektedir. İstatistiksel analizler $P<0,05$ düzeyinde yapılmış ve sonuçlar anlamlı bulunmuştur.Beas-2B hücre hattında kontrol grubu ile *Heliotropium haussknechtii Bunge*'nin ilk iki dozu arasında önemli farklar gözlemlenmiştir. HUVEC hücre hattında ise kontrol grubu ile *Heliotropium haussknechtii Bunge* 'nin ilk üç dozu arasında anlamlı farklar tespit edilmiştir. Bu bulgular, *Heliotropium haussknechtii Bunge*'in terapötik potansiyelini inceleyen gelecekteki çalışmalarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Endemik bitki, Heliotropium *haussknechtii*, MTT

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVESTİGATİON OF THE EFFECTS OF HASBAMBULUT (HELİOTROPİUM *haussknechtii bunge*) EXTRACTS ON HEALTHY CELL LİNES

Hasan DAĞLI, İ.Seyfettin Çelik

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Medical of Biochemistry, Onikişubat/Kahramanmaraş, Turkey hasandagli63@gmail.com ORCID: 0000-0003-2756-6277

[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Health Vocational School Onikişubat/Kahramanmaraş, Turkey i.seyfettincelik@gmail.com ORCID: 0000-0001-6946-4477

Heliotropium haussknechtii (Hasbambulotu) is a plant species endemic to the Adana sub-region of Turkey. Notably, its flowers exhibit heliotropic behavior, orienting towards the sun, a characteristic reflected in its scientific name Heliotropium. Endemic plants often contain bioactive compounds that may have therapeutic potential, including the ability to inhibit cancer cell proliferation, prevent tumor metastasis, or induce cancer cell death. In this context, investigating the effects of Heliotropium haussknechtii extracts on healthy cell lines is a critical step for advancing cancer research. These studies aim to assess the cytotoxic effects of the plant and explore its potential anti-carcinogenic properties.The plant material was dried, ground into a powder, and extracted using Soxhlet extraction with methanol at 65°C for 4–6 hours. The solvent was evaporated, and the resulting extract was stored at 4°C. The Beas-2B cell line was cultured in DMEM, while the HUVEC cell line was maintained in RPMI 1640 medium. Cell viability was assessed using the MTT assay, with absorbance measured at 570 nm. The IC50 value was calculated, and experiments were performed in triplicate.Following incubation with MTT dye for 4 hours, absorbance was measured at 570 nm to calculate the IC50 and selectivity index. The data from the Beas-2B and HUVEC cell lines provided insight into the effects of the compounds. Statistical analyses were performed at the $P<0.05$ significance level, and the results were found to be statistically significant.In the Beas-2B cell line, significant differences were observed between the control group and the first two doses of Heliotropium haussknechtii extract. In the HUVEC cell line, significant differences were noted between the control group and the first three doses of the extract. These findings suggest that Heliotropium haussknechtii has the potential to be explored in future studies investigating its therapeutic properties, particularly in the context of cancer treatment.

Key words: Endemic plant, Heliotropium *haussknechtii,* MTT

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

Hasbambulotu (Heliotropium haussknechtii), Türkiye'nin Adana alt bölgesine endemik bir bitki türüdür ve nadir bitkiler arasında yer alır. Bu bitki, özellikle çiçeklerinin güneşe yönelme (heliotropizm) özelliğiyle dikkat çeker. Heliotropizm, bitkilerin güneşe doğru yönelmeleri ya da güneşin konumuna göre kendilerini döndürmeleri fenomenidir(1). Heliotropium haussknechtii'nin bilimsel adı, bu özel özelliği yansıtmak için seçilmiştir. Hasbambulotu'nun bu özelliği, bitkilerin çevresel koşullara uyum sağlama mekanizmalarından biri olarak, biyolojik ve ekolojik anlamda büyük öneme sahiptir. Heliotropium türleri, özellikle farmasötik ve tıbbi özellikleri ile de tanınmaktadır. Bu bitkiler, farklı bileşenler içerir ve bu bileşenler, çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmak üzere potansiyel taşımaktadır(2-5). Heliotropium haussknechtii'nin, içeriğindeki bazı kimyasal maddeler sayesinde özellikle kanser tedavisi ve önlenmesi konusunda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Endemik bitkiler, genellikle bulundukları bölgenin ekosistemine özgü olarak, biyolojik açıdan zengin bileşikler üretirler. Bu bileşiklerin, özellikle kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye yönelik etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu bitkinin tıbbi alandaki potansiyelini ortaya koymaktadır(2-5).

Endemik bitkiler, yalnızca belirli coğrafi bölgelerde bulunan ve o bölgenin ekosistemine özgü adaptasyonlar geliştiren bitki türleridir. Bu bitkiler, genetik çeşitlilikleri sayesinde benzersiz biyolojik aktif bileşikler üretir ve bu bileşikler, anti-inflamatuar, antibakteriyel, antiviral ve antikanserojen gibi çeşitli sağlık faydalarına sahip olabilir(6,9). Heliotropium haussknechtii, Türkiye'nin Adana alt bölgesine özgü bir bitki olarak, bu tür özelliklere sahip olma potansiyeline sahiptir. Bu bitkinin biyolojik aktif bileşiklerinin kanser tedavisindeki rolünü araştırmak, biyoteknoloji ve farmasötik alanında önemli katkılar sağlayabileceğine inanilmaktadır.

Kanser, hücrelerin anormal şekilde bölünüp çoğalarak vücutta kontrolsüz yayılması sonucu ortaya çıkan bir hastalıktır. Genetik değişiklikler ve çevresel faktörler bu süreçte önemli rol oynar. Geleneksel tedavi yöntemleri arasında cerrahi müdahale, kemoterapi ve radyoterapi yer alırken, bu yöntemlerin yan etkileri hastalar üzerinde ciddi etkiler yaratabilir. Bu nedenle, alternatif tedavi seçenekleri üzerine yapılan araştırmalar önem kazanmıştır(7-9).

Endemik bitkiler, içerdiği doğal bileşiklerle kanser tedavisinde alternatif olma potansiyeline sahiptir. Bu bitkiler, kanser hücrelerinin çoğalmasını engelleyebilir ve sağlıklı hücrelere zarar vermeden tedavi edici özellikler gösterebilir(10-12). Heliotropium haussknechtii, Adana bölgesine özgü bir bitki olarak bu tür özelliklere sahip olabilir. Bitkinin kanser hücreleri üzerindeki etkilerini incelemek için in vitro ve in vivo çalışmalar gereklidir. Bu çalışmalar, bitkinin sağlıklı hücrelere zarar vermeden kanser hücrelerini hedef alıp almadığını ve hangi biyolojik bileşiklerin etkili olduğunu belirlemek için önemlidir(10-12).

Heliotropium haussknechtii'nin kanser tedavisindeki potansiyeli, biyoteknolojik ve farmasötik araştırmalar için yeni bir yol açabilir. Gelecekte, bu bitkiden elde edilen bileşiklerin kanser tedavisinde kullanılacak farmasötik ürünlere dönüştürülmesi mümkün olabilir. Ayrıca, bitkinin diğer hastalıklar üzerindeki potansiyel etkileri de araştırılmalıdır. Heliotropium haussknechtii ve benzeri bitkiler, sağlık bilimlerinde önemli katkılar sağlayabilir ve tedavi alanında yeni seçenekler sunabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MATERYAL METOT

Bitki Ekstrasyonun Hazırlanması:

Heliotropium haussknechtii ekstraksiyonu için, öncelikle bitkiler uygun koşullarda kurutulup blenderda öğütüldü. Ardından,10 gram öğütülmüş Heliotropium haussknechtii, 1:10 (w/v) oranına göre metanolle çözüldü. Soxhlet ekstraksiyon cihazına yerleştirilen bu bitkiler, metanol ile 65°C'de 4-6 saat süreyle işleme tabi tutuldu. Ekstrasyon sonrası, oluşan sıvı, evapratörle çözücüsü uçurulup, geriye kalan özüt küçük bir şişeye alınarak etüvde tamamen kurutuldu. Elde edilen bitki özütü, kontaminasyon riskini önlemek için +4°C'de muhafaza edildi.

Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi:

Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle, 1:10 (ağırlık/hacim) oranında öğütülmüş bitkiler metanol ile çözücülendi ve cihazda 4-6 saat boyunca ekstrakte edildi. Ekstrakt, steril filtre kağıtları ile süzüldü ve fazla metanol, evaporatör ile uzaklaştırıldı. Elde edilen özüt, 37°C'de etüvde kurutulmaya alındı.

Hücre Hatlarının Hazırlanması

Beas-2B hücre hattı, American Type Culture Collection (ATCC), Manassas, VA'dan temin edilmiştir ve tüm deneyler için 7. pasajdan daha düşük seviyelerde yetiştirilmiştir. Beas-2B hücreleri, %10 fetal bovin serum içeren Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM, Life Technologies, CA, ABD) ile kültüre edilmiş ve 37°C, %5 CO2 ortamında inkübe edilmiştir.

Huvec hücre hattı için RPMI 1640 (Roswell Park Memorial Institute) besiyeri hazırlanmış ve içine %10 fetal bovin serum (FBS) ve %1 penisilin/streptomisin eklenmiştir. Hazırlanan besiyerinden 10 mL, T75 hücre kültür flaskına aktarılmış ve 37°C'deki su banyosundan alınan kriyotüp içerisindeki hücrelerden 1 mL alınarak T75 hücre kültür flaskına eklenmiştir. Flask içerisindeki hücreler, 37°C'de %5 CO2 içeren inkübatörde inkübe edilmiştir.

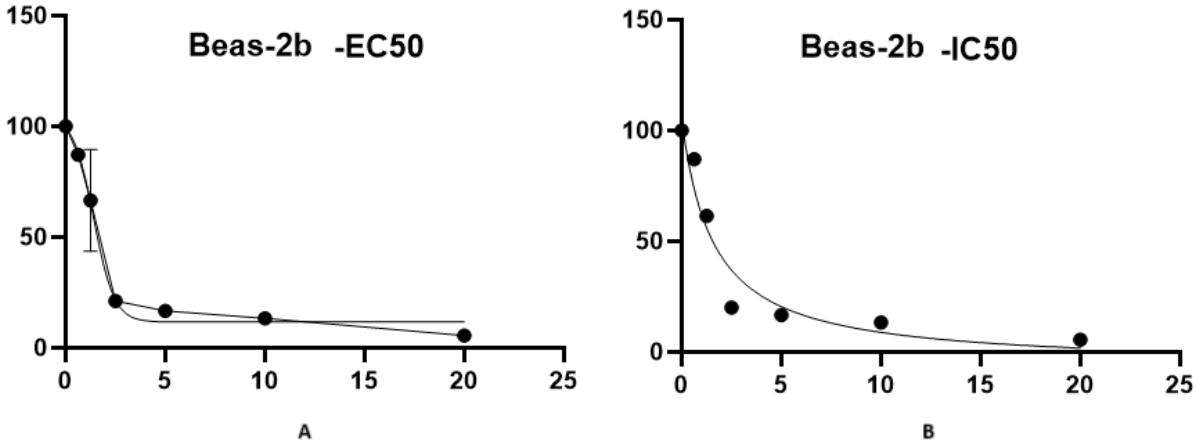
Hücre Canlılık Testi (MTT Assay Yöntemi)

MTT testi, hücre canlılığını değerlendirmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemde, Thoma lamı ile hücre sayımı yapılarak, her doz için 5.000-10.000 hücre içeren 96 kuyucuklu plakaya üçlü tekrarlarla ekleme yapılmıştır. Plakalar, 37°C ve %5 CO2 ortamında 1 gün inkübe edildikten sonra, her kuyucuğa 0-50 µM arasında değişen bileşik çözeltileri eklenmiş ve 24 saat inkübe edilmiştir. MTT boyası, 5 mg/mL konsantrasyonunda hazırlanarak her kuyucuğa 10 µL eklenmiş ve 4 saat inkübe edilmiştir. Ardından, çözünürleştirme solüsyonu eklenmiş ve plakalar 12 saat inkübe edilerek, absorbans değeri 570 nm'de ölçülmüştür. Hücre canlılık oranı, absorbans farkları ile hesaplanmış ve IC50 değeri % hücre canlılık grafiği kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, bileşiklerin seçicilik indeksi hesaplanmış ve deneyler üçlü tekrarlarla gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

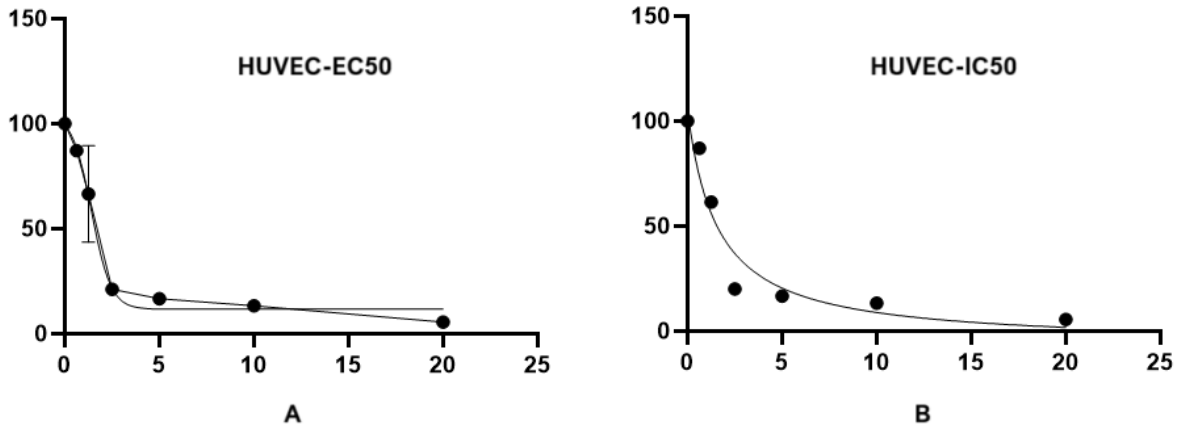
BULGULAR

Bitkiler kurutulup öğütüldükten sonra 10 gram bitki metanolde çözüldü ve Soxhlet ekstraksiyon cihazında 65°C'de ekstrakte edildi. Elde edilen özüt, çözücüsü uzaklaştırılarak kurutuldu ve +4°C'de saklandı. Beas-2B hücre hattı DMEM ile kültüre edilip, MTT assay ile hücre canlılığı değerlendirildi. Absorbans 570 nm'de ölçülerek IC50 ve seçicilik indeksi hesaplandı. Beas-2B ve Huvec hücre hatlarında yapılan hücre canlılık testlerine ilişkin elde edilen veriler, çeşitli konsantrasyonlardaki bileşiklerin etkisini göstermektedir ve bu sonuçlar grafiklerle sunulmuştur(Gör1, Gör 2, Gör 3 , Gör 4,). İstatistiksel analizler, farklı tedavi gruplarının karşılaştırılmasında anlamlı farkların olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılmış ve anlamlılık düzeyi P<0,05 olarak kabul edilmiştir. Bu, elde edilen hücre canlılığı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

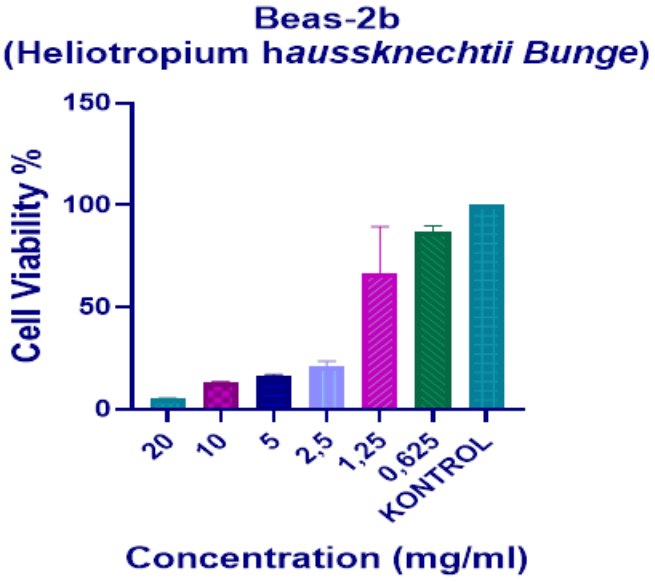


Görsel 1: Heliotropium haussknechtii Beas-2b hücre hatlarında MTT testi hücre canlılık testleri sonuçları.
A. EC50 Değeri: Hücrelerin %50'sinin canlı kalmasını sağlayan bileşik konsantrasyonu.
B. IC50 Değeri: Hücre canlılığını %50 oranında inhibe eden bileşik konsantrasyonu, toksik etkinin derecesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

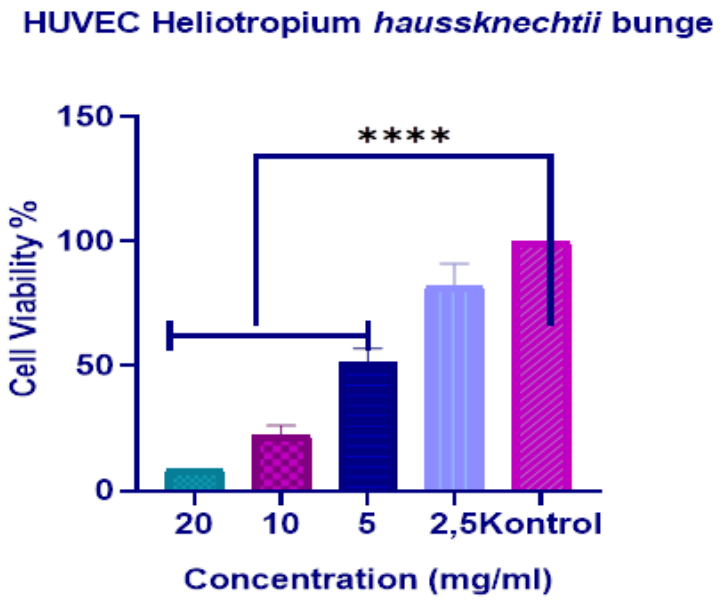


Görsel 2: Heliotropium haussknechtii HUVEC hücre hatlarında, MTT testi hücre canlılık testleri sonuçları.
A. EC50 Değeri: Hücrelerin %50'sinin canlı kalmasını sağlayan bileşik konsantrasyonu.
B. IC50 Değeri: Hücre canlılığını %50 oranında inhibe eden bileşik konsantrasyonu, toksik etkinin derecesi



Görsel 3: Beas-2b hücre hatlarında Heliotropium haussknechtii çözeltilerinin etkisiyle elde edilen hücre canlılık oranları, MTT boyası kullanılarak absorbans ölçülerek hesaplanmıştır. İstatistiksel analizler, farklı konsantrasyonlardaki etkilerin $P<0,05$ anlamlılık düzeyinde olduğunu göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4: HUVEC hücre hatlarında Heliotropium haussknechtii çözeltilerinin etkisiyle elde edilen hücre canlılık oranları, MTT boyası kullanılarak absorbans ölçülerek hesaplanmıştır. İstatistiksel analizler, farklı konsantrasyonlardaki etkilerin $P<0,05$ anlamlılık düzeyinde olduğunu göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TARTIŞMA

Heliotropium haussknechtii, Türkiye'nin Adana alt bölgesine özgü bir bitki türüdür. Endemik bitkiler, benzersiz bileşikler içerir ve bu bileşikler, kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye, tümörlerin yayılmasını durdurmaya veya kanser hücrelerini öldürmeye potansiyel olarak yardımcı olabilir(1-3). Bu nedenle, Heliotropium haussknechtii'nin ekstraktlarının sağlıklı hücre hatlarında incelenmesi, kanser tedavisinde yeni yaklaşımlar geliştirilmesi açısından önemli bir adımdır. Bu araştırmalar, bitkinin sitotoksik etkilerinin ve anti-kanserojen potansiyelinin ortaya konmasına odaklanmaktadır.

Heliotropium haussknechtii, Türkiye'nin Adana alt bölgesine özgü bir endemik bitki türüdür ve daha önce kanser hücreleri ile sağlıklı hücre hatları üzerinde etkileri araştırılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, Heliotropium haussknechtii'nin farklı hücre hatlarında (kanser ve sağlıklı hücre hatları) hedef dozlarını belirleyerek, bu bitkinin potansiyel terapötik etkilerini ortaya koymaktır. Yapılacak olan bu çalışmalar, bitkinin sitotoksik etkilerinin belirlenmesinin yanı sıra, sağlıklı hücrelere zarar vermeden kanser hücrelerini hedef alıp almadığını da araştırlıdı. Bu sayede, Heliotropium haussknechtii'nin kanser tedavisinde kullanılabilirliğini test etmek amacıyla yapılacak gelecekteki araştırmalar için değerli bir referans oluşturulacaktır.

Beas-2B ve Huvec hücre hatlarında yapılan çalışmalar, Heliotropium haussknechtii Bunge'nin terapötik potansiyelini değerlendiren önemli bulgular sunmaktadır(13,14). Beas-2B hücre hattında, kontrol grubu ile bitkinin ilk iki dozunun uygulandığı gruplar arasında anlamlı farklar gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Huvec hücre hattında da kontrol grubu ile Heliotropium haussknechtii Bunge'nin ilk üç dozu arasında önemli farklar bulunmuştur. Bu sonuçlar, bitkinin içeriğindeki bileşiklerin hem Beas-2B hem de Huvec hücreleri üzerinde etkili olabileceğini ve bu bileşiklerin terapötik alanda kullanım potansiyelini işaret etmektedir. Beas-2B hücre hattı, akciğer epitelyum hücrelerinden türetilen bir hücre hattıdır ve bu hücreler genellikle toksikolojik ve kanser araştırmalarında kullanılır. Yapılan deneyde, Heliotropium haussknechtii Bunge'nin ilk iki dozunun, Beas-2B hücreleri üzerinde belirgin bir etki gösterdiği görülmüştür. Bu bulgu, bitkinin hücre canlılığını etkileyebilecek potansiyele sahip olduğunu, ancak tedavi dozlarının dikkatlice belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Heliotropium haussknechtii Bunge'nin, kanser hücrelerini hedef alarak sağlıklı hücrelere zarar vermeden etkili bir tedavi sağlayabilme potansiyeli, bu alandaki araştırmalar için büyük bir önem taşımaktadır. Hücre canlılık testlerinin yanı sıra, bitkinin sitotoksik etkileri üzerine yapılan daha detaylı çalışmalar, tedavi sürecinin daha spesifik ve hedefe yönelik olmasını sağlayabilir.
Huvec hücre hattı, insan vasküler endotelyal hücrelerinden türetilmiştir ve özellikle damar endotel hücreleriyle ilgili araştırmalarda kullanılır. Heliotropium haussknechtii Bunge'nin Huvec hücre hattı üzerindeki etkileri de dikkat çekicidir. İlk üç dozun, bu hücrelerin büyümesini engelleme ve hücre çoğalmasını azaltma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, bitkinin endotel hücreleri üzerinde anti-angiogenetik etkiler göstererek, kanser tedavisinde damar oluşumunu (angiogenez) engelleme yönünde bir mekanizma geliştirebileceğini düşündürmektedir. Angiogenez, tümörlerin büyümesi ve yayılması için önemli bir süreçtir, bu nedenle bu tür bileşiklerin, kanser tedavisinde önemli bir strateji olabileceği açıktır(15_17).
Bu bulgular, Heliotropium haussknechtii Bunge'nin kanser tedavisindeki potansiyelini

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

göstermektedir. Ancak, etkinliği ve güvenliği konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Özellikle, bitkinin farklı hücre hatları üzerindeki etkileri ve hangi mekanizmalarla etki gösterdiği hakkında daha fazla bilgi sağlanmalıdır. Gelecek çalışmalarda, bitkinin etkili bileşenlerinin izole edilmesi ve in vivo çalışmalarla organizmadaki davranışının incelenmesi önemlidir. Heliotropium haussknechtii Bunge'nin içerdiği biyolojik aktif bileşiklerin, kanser hücrelerinin büyümesini engelleme ve sağlıklı hücrelere zarar vermeden etkili tedavi sağlama potansiyeli bulunabilir. Ayrıca, bu bitkinin diğer hastalıklar üzerindeki etkileri de araştırılmalıdır.

Sonuç olarak, Heliotropium haussknechtii Bunge'nin kanser tedavisindeki potansiyelini keşfetmek, bu bitkinin farmasötik ve biyoteknolojik alanlardaki katkılarını artırabilir. Yapılacak daha kapsamlı araştırmalar, bitkinin terapötik özelliklerini daha iyi anlamamıza ve klinik kullanıma yönelik yeni tedavi seçeneklerinin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Khan, H. Implications of Climate Change on the Nasty Weeds of Forages and Rangelands. *A Look into Some Recent Advances in Biology, Ecology, and Agricultural Practices*, 49.
2. Akhani, H. Diversity, Biogeography, and Photosynthetic Pathways of Argusia and Heliotropium (Boraginaceae) in South-West Asia with an Analysis of Phytogeographical Units. *Bot. J. Linn. Soc.*, 2007, *155* (3), 401–425.
3. Aytaç, Z.; Duman, H. The Steppic Flora of High Mounts Ahir, Oksus and Binboga (Kahramanmaras, Kayseri, Turkey). *Flora Mediterr.*, 2005, *15*, 121–178.
4. Masoumi, S. M.; Mosaber, A.; Azami, E.; Bolon, M.; Yari, S.; Heshmati, F. Phonology and Seasonal Aspects for Some Plants in Kermanshah Area. *J. Bot.* 2013.
5. Akhani, H. Halophytic Vegetation of Iran: Towards a Syntaxonomical Classification. *Annali di Botanica*, 2004, *4*, 65–82.
6. Coelho, N.; Gonçalves, S.; Romano, A. Endemic Plant Species Conservation: Biotechnological Approaches. *Plants*, 2020, *9* (3), 345.
7. Kauroo, S.; Govinden-Soulange, J.; Ranghoo-Sanmukhiya, V. M.; Miranda, K.; Cotham, W. E.; Walla, M. D.; Nagarkatti, P. Extracts of Select Endemic Plants from the Republic of Mauritius Exhibiting Anti-Cancer and Immunomodulatory Properties. *Sci. Rep.*, 2021, *11* (1), 4272.
8. Ali, M. M.; Ciğerci, İ. H. Genotoxic Evaluation of an Endemic Plant *Thermopsis turcica* Extracts on Liver Cancer Cell Line. *Pak. J. Zool.*, 2019, *51* (1), 355–357.
9. Matić, I. Z.; Aljančić, I.; Vajs, V.; Jadranin, M.; Gligorijević, N.; Milosavljević, S.; Juranić, Z. D. Cancer-Suppressive Potential of Extracts of Endemic Plant *Helichrysum zivojinii*: Effects on Cell Migration, Invasion and Angiogenesis. *Nat. Prod. Commun.*, 2013, *8* (9), 1934578X1300800927.
10. Gonzales, G. F.; Valerio, L. G. Medicinal Plants from Peru: A Review of Plants as Potential Agents Against Cancer. *Anti-Cancer Agents Med. Chem.*, 2006, *6* (5), 429–444.
11. Yıldırım, M.; Binzet, G.; Binzet, R.; Yabalak, E. A Natural Approach to Breast Cancer Treatment: Investigation of Chemical Features of Aerial Parts of Endemic *Onosma sintenisii* Hausskn. ex Bornm and Its Antioxidant Properties, In Vitro Cytotoxic and Apoptosis Induction on MCF-7 Cells. *Int. J. Environ. Health Res.*, 2024, 1–14.

12. Canoy, R. J. C.; Lomanta, J. M. J. C.; Ballesteros, P. M.; Chun, E. A. C.; Dator, R. P.; Jacinto, S. D. Cancer Chemotherapeutic Potential of Endemic and Indigenous Plants of Kanawan, Morong, Bataan Province, Philippines. *Phytochem. Rev.*, 2010.
13. Chaudhary, P.; Janmeda, P.; Pareek, A.; Chuturgoon, A. A.; Sharma, R.; Pareek, A. Etiology of Lung Carcinoma and Treatment Through Medicinal Plants, Marine Plants and Green Synthesized Nanoparticles: A Comprehensive Review. *Biomed. Pharmacother.*, 2024, *173*, 116294.
14. Sharma, G.; Nim, S.; Alle, M.; Husen, A.; Kim, J. C. Nanoparticle-Mediated Delivery of Flavonoids for Cancer Therapy: Prevention and Treatment. In *Smart Nanomaterials in Biomedical Applications* (pp. 61–100). Cham: Springer International Publishing, 2022.
15. Direko, P. Evaluation of Effects of Selected Medicinal Plants on Angiogenesis by Determining Their Inhibitory Effects on Cox-2, Nos, and Lox Enzymes. *J. Biol. Chem.*, 2018.
16. Matić, I. Z.; Aljančić, I.; Vajs, V.; Jadranin, M.; Gligorijević, N.; Milosavljević, S.; Juranić, Z. D. Cancer-Suppressive Potential of Extracts of Endemic Plant *Helichrysum zivojinii*: Effects on Cell Migration, Invasion and Angiogenesis. *Nat. Prod. Commun.*, 2013, *8* (9), 1934578X1300800927.
17. Kasapoğlu, K. N.; Altin, G.; Farooqi, A. A.; Salehi, B.; Setzer, W. N.; Sharifi-Rad, J. Anti-Proliferative, Genotoxic, and Cytotoxic Effects of Phytochemicals Isolated from Anatolian Medicinal Plants. *Cell. Mol. Biol.*, 2020, *66* (4), 145–159.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KADINLARIN ÖZGÜR/SERBEST DOĞUM YAPMA MOTİVASYONLARI: KENDİSİNİN EBESİ OLMAYI SEÇEN KADINLARI ANLAMAK ÜZERİNE LİTERATÜR İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Vasviye EROĞLU
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
vasviye.eroglu@gop.edu.tr - 0000-0003-0945-698X
Dr. Öğr. Üyesi Demet Çakır
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
demet.cakir@gop.edu.tr - 0000-0003-4794-516X
Öğr. Gör. Arslan SAY
Amasya Üniversitesi, Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
arslan.say@amasya.edu.tr - 0000-0001-5454-3105

Özet

Son yıllarda yüksek gelirli ülkelerde sağlık çalışanlarının desteği olmadan doğum yapmayı düşünen kadınların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Özgür doğum, serbest doğum veya desteksiz doğum olarak da adlandırılan bu doğum şekli hakkında yabancı literatürde kısıtlı çalışmalar olmakla birlikte Türkiye'de konu ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kadınların özgür doğum yapma motivasyonlarını anlamaya yönelik yapılan bu alan araştırmasında; annelik bakımıyla ilgili önceki olumsuz deneyimlerin, kadının kontrolü elinde tutma ve fizyolojik doğumun bozulmasını en aza indirme isteği, evde ebe eşliğinde doğum için ücret ödemek zorunda kalmamaları kadınların özgür doğum kararını etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir.

Özgür doğum, kadınların kendi tercihleri ile seçtikleri bir durum iken, ebelerin, otonomi, risk alma ve sürecin yönetimsel olarak nasıl işleneceğini bilmediği bir durum olarak stres yaratan bir durum olabilir. Ayrıca sürecin olumsuz işlediği veya bir riskin geliştiği durumda anne ve bebek sağlığı riske girebilir.

Sonuç olarak henüz Türkiye'de bilinmeyen özgür doğum, holistik ve hümanistik olmayan ebelik uygulamaları ortamlarında kadınların gelecekte tercih edebileceği ve anne bebek sağlığını risk altına sokabilecek bir doğum şekli olarak karşımıza çıkabilir. Bu riski önlemek için ebeler kadını merkeze koyarak, onun özerkliğine saygı duyarak ve gereksiz müdahalelerden uzak durarak kadının savunucusu olarak doğumları gerçekleştirmelidirler.

Anahtar kelimeler: Özgür doğum, serbest doğum, ebelik, doğum

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Abstract

In recent years, the number of women considering giving birth without the support of health workers has been increasing day by day in high-income countries.

Although there are limited studies in foreign literature on this type of birth, also known as free birth, free birth or unassisted birth, no study has been found on the subject in Turkey. In this field research conducted to understand women's motivations for free birth; previous negative experiences with maternal care, the woman's desire to maintain control and minimize the disruption of physiological birth, and not having to pay a fee for a birth with a midwife at home were determined as factors affecting women's decision to give free birth.

While free birth is a situation that women choose by their own choice, it can be a stressful situation as midwives do not know how to manage the process administratively, such as autonomy, risk taking and the process. In addition, if the process is negative or a risk develops, the health of the mother and the baby can be at risk.

As a result, free birth, which is not yet known in Turkey, may be a birth type that women may prefer in the future in environments with non-holistic and non-humanistic midwifery practices and may put the health of the mother and the baby at risk. To prevent this risk, midwives should perform births as advocates for women, placing women at the center, respecting their autonomy, and avoiding unnecessary interventions.

Keywords: Freebirth, midwifery, birth

1. GİRİŞ

Doğum, bir kadının hayatındaki eşsiz deneyimlerden biridir. Gebe bir kadın için en iyi doğum sonuçları, gebelik doğum ve doğum sonrası dönemde kabul edilebilir, uygun fiyatlı, erişilebilir ve yüksek kaliteli doğum bakımı sağlanmasına bağlıdır. Ancak, doğumlarda müdahalelerin aşırı veya gereksiz kullanımı, kurumsal ortamlarda saygısız ve taciz edici davranışlara dair artan kanıtlar kadınların sağlık kurumları dışında ve profesyonel bir doğum desteği olmadan doğumu gerçekleştirme arayışına yol açmaktadır (Downe et al., 2018).

Ebe veya sağlık profesyonellerinin desteği olmadan doğumunu evde gerçekleştirmeyi seçen kadınların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Evde doğum, dünya çapında çok farklı şekilde deneyimlenmektedir. Bu deneyimler gebe, ailesi, destek ekibi, politikalar, gebeliğin veya doğumun gidişatı, hastane transferi, önceki doğum öyküsü gibi pek çok faktörden etkilense de evde doğumun gerçekleştiği sağlık sistemine göre farklılık göstermektedir (Brunton ve ark., 2021). Ancak bu duruma farklı bir boyut ile giren ve giderek bir akım halinde yaygınlaşan bir doğum tercihi vardır o da özgür doğumdur. Serbest doğum, yardımsız doğum olarak da adlandırılan Özgür Doğum, planlı bir şekilde doğumun evde veya başka bir yerde profesyonel bir anne bakımı olmadan yapılması olarak tanımlanmaktadır (Velo Higueras ve ark., 2024). Özgür doğum hastanelerin mevcut ve kolay erişilebilir olduğu ülkelerde, bir sağlık uzmanı olmadan evde doğum yapma kararıdır. Bu doğum şekli gebeliğin reddedilmesiyle veya kadınların doğum bakımına sınırlı veya hiç erişiminin olmamasıyla

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

karakterize doğumlardan farklı bir durumdur (Feeley ve ark., 2015). Ayrıca bu durum bir annenin, bir ebe evde doğuma katılmayı reddettiği veya ebesi gelmeden önce doğum yaptığı için istemeden tıbbi destek olmadan doğum yaptığı durumdan farklıdır. Özgür doğumda kadınlar doğum sırasında herhangi bir ebe desteğini, tıbbi tedaviyi, klinik izlemi veya teknoloji kullanımını reddetmektedir (Velo Higueras ve ark., 2024). Bu durum kadınların kendilerine sunulan doğum hizmetlerinden yararlanmamayı bilinçli bir şekilde seçtikleri bir durumdur. Bu kadınlardan bazıları, gereksiz müdahalelerin sonuçlarının fizyolojik doğuma zarar verdiğini, komplikasyonlara yol açtığını, hastanenin doğum için tehlikeli bir yer olduğunu savunmaktadır. Bazıları ise üreyen bedenine, kendine güvenmeyi seçerek bir direniş eylemi, radikal bir eylem olmadan bunu gerçekleştirmektedir (Feeley ve ark., 2015). Bu kadınlar doğum süreci boyunca bedenleri üzerinde seçim yapmak, kontrol ve özerkliği korumak için özgür doğumu seçme konusunda motive olmuşlardır. Ancak genel olarak özgür doğum bir şekilde kadınlara, gebelere ve ailelerine iyi hizmet etmeyen obstetrik ve ebelik sistemlerine karşı bir meydan okuma eylemidir. Özgür doğum yapan kadın (ve bebeği) potansiyel olarak artan bir morbidite veya mortalite riski altındadır.

Özgür doğumla ilgili ilk raporlar, 1950'lerin sonlarında ABD'de, doğumun yüksek oranda tıbbileştirildiği ve doğum bakımı seçeneklerinin olmadığı bir dönemde ortaya çıkmıştır (Edwards & Kirkham, 2013). Son on yılda, özgür doğumu tercih eden kadınların sayısında belirgin bir artış görülmüştür. İngiltere'de bir kadının bebeğini özgür doğumla dünyaya getirmesi ve doğum öncesi bakımın bir kısmını veya tamamını reddetmesi yasaldır. Bir kadın doğumda herhangi birinin bulunması veya tıbbi müdahale için zorlanamaz. Kadın kararını gerekçelendirmek veya belirli bir nedene dayandırmak zorunda değildir. Bir kadının tıbbi müdahaleyi, doğum öncesi ve doğum sonrası bakımı da içerecek şekilde dini nedenlerle, mantıklı veya mantıksız diğer nedenlerle veya hiçbir neden olmaksızın reddedebileceği bildirilmiştir (AIMS, 2020). Avustralya'da ise evde özel doğumun fonlanmamış ve sigortasız olması ayrıca önceki olumsuz doğum deneyimleri nedeniyle kadınlar arasında serbest doğumun yükselişte olduğu bildirilmiştir (Dahlen ve ark., 2011).

Özgür doğumun gizli doğası göz önüne alındığında, serbest doğum yapan kadınların sayısı hakkında kesin istatistikler yoktur. Tahminler verildiğinde, bunlar genellikle ani doğum oranlarıyla birleştirilmiştir. Bununla birlikte, özgür doğum medyada, literatürde akademik araştırmalarda yer alacak kadar yaygın hale gelmiştir. Özgür doğum, az sayıda kadın tarafından alınan bir karar olarak görülebilirken, olgunun incelenmesi doğum sisteminin çok daha geniş yönleri hakkında çıkarımlar yapmak adına önemlidir (Mckenzie ve ark., 2020). Bu nedenle, doğum hizmeti sunucularının kadınların neden bu seçimi yaptığını anlamak için bu olguyu araştırması hayati önem taşımaktadır.

Özgür doğumun seçildiği durumda, kadının doğum bakımında seçme özgürlüğünü ve 'sistem dışında' doğum yapmayı seçmesi durumunda ne yapılması gerektiği konusunu gündeme getirmektedir. Öte yandan sağlık sistemlerinin risksiz evde ebe liderliğinde bakım modelinde gerçekleştiği ve müdahalelerin minimal olduğu gelişmiş ülkelerde (Avustralya, Kanada, Finlandiya, İsveç, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri vb.) bir sağlık profesyonelinin yardımı veya bakımı olmadan doğum yapmayı tercih eden kadınların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, artan tıbbi müdahalenin ve evde doğuma erişimin ötesine

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bakmak ve bu konuyu açıklığa kavuşturmak için kadınların motivasyonlarını incelemek gerekmektedir (Hollander ve ark., 2017).

Bu tercihin ortak noktası kadınların doğum deneyimlerinin kontrolünü eline almak istemesidir. Ebe veya diğer sağlık profesyonelleri olmadan özgür doğum yapan kadınlar, önceki deneyimlerinde sağlık profesyonelleri tarafından klinik prosedürleri ve yönergeleri takip etmeye zorlandıklarını, ebelerle olumsuz deneyim yaşadıklarını ve yaşanıldığına inandıklarını bildirmişlerdir (Feeley ve ark., 2015). Kadınlar duygusal ve sosyal ihtiyaçlarının karşılanmadığını ve doğum haklarına saygı gösterilmediğini savunmaktadır (Johansson ve ark., 2023). Norveçli kadınların serbest doğum için motivasyonlarını inceleyen nitel bir çalışmada; tüm kadınlar, özellikle doğum sırasında aldıkları bakım olmak üzere, doğum bakımının organizasyonu hakkında düşüncelerini dile getirmişlerdir. Özgür doğum deneyimleyen kadınların çoğunluğu, çok doğum yapmış kadınlardı ve daha önce olumsuz doğum deneyimlerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada kadınların Norveç hastanelerindeki müdahale ve izleme oranlarının çok yüksek olduğu, sistemin doğal doğum yapmayı zorlaştırdığı ayrıca Norveç'teki evde doğum teklifinin sınırlı ve çok pahalı olduğunu düşündükleri için özgür doğumu tercih ettikleri bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada katılımcıların tümü, hastanelerdeki müdahale oranının çok yüksek olduğunu, doğum sırasında meydana gelen komplikasyonların çoğunun müdahalelerin, hastanelerdeki zaman ve alan eksikliğinin sonucu olduğunu bildirmişlerdir (Henriksen ve ark., 2020). Johansson ve ark. (2023)'nın yapmış olduğu çalışmada kadınların bir kısmı ebeler dahil olmak üzere hiçbir kimsenin başka birinin doğurmasını sağlayamayacağını, doğumun bireysel bir deneyim olduğunu, bebeğini doğurmak için kadının kendi iç gücünü bulması gerektiğini bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada özgür doğumu seçen kadınların bir kısmının da bu doğum şeklini ücretsiz olduğundan dolayı tercih ettikleri belirtilmektedir. Kadınlar özgür doğuma karar verdikten sonra, kendilerini tam olarak doğuma hazırlamak için çeşitli çabalar sarf ettiklerini, benzer şekilde özgür doğumu tercih eden diğer kadınlarla sosyal medya platformlarında buluşarak birbirlerine danıştıklarını bildirmişlerdir (Miller & Mississippi, 2009). Özgür doğumu seçen çoğu kadının, güvenebilecekleri tek kişinin kendileri olduğunu fark ettiklerini bu nedenle, başarılı bir doğumu kolaylaştırmak için hevesle araştırma yaparak hazırlandıklarını bildirdikleri saptanmıştır. Ayrıca bu kadınlar gerektiğinde arayabilecekleri ebelerin veya doktorların iletişim bilgilerini kaydettiklerini ve herhangi bir sorun çıkarsa hastaneye gitmenin yollarını ayarlamak gibi yedek planlar yaptıklarını bildirmişlerdir (Shorey ve ark., 2023).

Özgür doğum deneyimi yaşayan kadınların dahil edilen çalışmalarda kadınların özgür doğum yapma niyetini öğrendikten sonra, sağlık çalışanlarının anne adaylarını özgür doğum yapmaktan caydırmak için taktikler kullandıkları bildirilmiştir (Shorey ve ark., 2023). Kadınlar doğum kararlarını kime açıklayacakları konusunda daha dikkatli davranmış ve çoğu zaman bu kararlarını gizli tutmuşlardır. Çünkü özgür doğum yapmanın genellikle başkalarından olumsuz tepkiler alacağını öngörmüşlerdir. Çoğu ebeveyn özgür doğumu güvenli görme eğiliminde olmasına rağmen kadınlar toplumda damgalanmaktadır. Bu durumun özellikle Norveç, İrlanda ve Amerika Birleşik Devletleri gibi doğum bakım hizmetlerinin iyi ve gelişmiş olduğu düşünülen ve annelerin hastanelerde doğum yapmasının beklendiği yüksek gelirli ülkelerde geçerli bir durum olduğu bildirilmiştir (Henriksen ve ark., 2020; Shorey ve ark., 2023).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ebe ve Hemşireler Konseyi sağlık bakım desteği almadan özgür doğum yapmayı seçtiklerini belirten kadınlara karşı ebelerin sorumluluklarını belirtmişlerdir. Bunlar aşağıdaki maddeleri içermektedir.

1. Kadınlara öncelik verin

• İnsanlara bireyler olarak davranın ve onurlarını koruyun; insanlara nezaket, saygı ve şefkatle davranın.

• İnsanları dinleyin ve tercihlerine ve endişelerine yanıt verin; bir kişinin bakım ve tedaviyi kabul etme veya reddetme hakkına saygı gösterin, destekleyin ve bu durumu belgeleyin.

• Her zaman insanların çıkarları doğrultusunda hareket edin. Bunu kişinin tedaviyi kabul etme veya reddetme hakkına saygı duyma gerekliliğiyle dengelemelisiniz.

2. Güvenliği koruyun

• Yeterliliğinizin sınırlarını tanıyın ve bu sınırlar dahilinde çalışın.

• Uygulama ortamınızda veya başka bir yerde acil bir durum ortaya çıkarsa her zaman yardım teklif edin. Bunu başarmak için şunları yapmalısınız:

- Acil bir durumda yalnızca bilgi ve yeterlilik sınırlarınız dahilinde hareket edin.

- Mümkün olduğunda acil bakıma hemen erişimin sağlanması için düzenleme yapın.

• Ebelerin kadınların/insanların ve bakımlarındaki ailelerin güvenliği konusunda endişe duymaları ve üzerlerinde hiçbir kontrolleri olmasa bile sonuçlardan sorumlu hissetmeleri doğaldır.

• Kadınlar ebelerinin tavsiyelerine aykırı bakımı seçme hakkına sahiptir.

• Bir kadın/kişi yardımsız doğum yapmayı seçerse, ebenin bu kararın riskleri hakkında onları bilgilendirme sorumluluğu vardır.

• Güvenlik endişeleri varsa, ebeler yine de sevk için protokolü izlemelidir. Bu özellikle bebek doğduğunda önemli olabilir.

• Ebe, yardımsız doğumun sonucundan sorumlu değildir.

• Bir ebe, yardımsız doğum yapmayı planlayan ancak hastanede doğum yapmanın daha güvenli olacağını düşündüren risk faktörleri olan bir kadına bakıyorsa, ebeye endişelerini ve bakım planını yöneticisiyle görüşme fırsatı sunulmalıdır (Final & Stringer, 2023).

Kadınların özgür doğum tercihleri incelendiğinde aslında en önemli sorunun dünyanın birçok yerinde mevcut ebelik uygulamalarının, ebelik felsefesine uygun olmayan şekilde sürdürülmesidir. Kadınlar gerekli olmadığı durumlarda bile doğum sürecinde birçok müdahaleye maruz kalabiliyor bu da onların ellerinden özerkliklerinin alınmasına, öz yeterliliklerinin azalmasına yol açabiliyor. Benzer şekilde ebelik uygulamalarında çok fazla müdahalenin olduğu ülkemizde de şu anda olmasa bile gelecek için kadınların özgür doğum seçimleri ebelik mesleğinde risk oluşturabilir. Ebeler bir yandan kadının savunucusu olmak

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

isterken bir yandan kadını, bebeği ve mesleğini riske atmamak adına doğru karar verme konusunda zorda kalabilirler.

Sonuç olarak hastane ve doğum bakımıyla ilgili önceki olumsuz deneyimler özgür doğum tercihinin nedenlerinin başında gelmektedir. Bu nedenle, doğum hizmeti sağlayıcılarının bakım hizmetinin kalitesini iyileştirmeleri, böylece kadınların onurlu, desteklenmiş hissetmeleri ve aldıkları bakıma katılımcı olmaları önemlidir. Özgür doğum tercihinin yaygınlaşmasını önlemek için huzur içinde ve öz kontrollü doğum ortamlarının yaygınlaştırılması önemlidir. Doğumu güvenli kılan şey, doğum sürecine mümkün olduğunca az müdahale edilmesi ve annenin kendini güvende hissetmesi olduğu düşüncesi savunulmalı ve ebeler kadınların savunucusu ve destekçisi olmalıdır. Kadın merkezli ebe liderliğinde bakım modeli yaygınlaştırılmalıdır. Sağlık politikalarının doğum ortamlarının kadını merkeze alınarak çeşitli doğum ortamlarına erişim (örn. ev, hastane, doğum merkezleri) sağlayacak şekilde geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AIMS. (2020). Freebirth , Unassisted Pregnancy and Unassisted Birth. https://www.aims.org.uk/pdfs/information/7

Brunton, G., Wahab, S., Sheikh, H., & Davis, B. M. (2021). Global stakeholder perspectives of home birth: a systematic scoping review. *Systematic Reviews*, *10*(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s13643-021-01837-9

Dahlen, H. G., Jackson, M., & Stevens, J. (2011). Homebirth, freebirth and doulas: Casualty and consequences of a broken maternity system. *Women and Birth*, *24*(1), 47–50. https://doi.org/10.1016/j.wombi.2010.11.002

Downe, S., Finlayson, K., Oladapo, O., Bonet, M., & Gülmezoglu, A. M. (2018). What matters to women during childbirth: A systematic qualitative review. *PLoS ONE*, *13*(4), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194906

Edwards, N., & Kirkham, M. (2013). Birthing without a Midwife: A Literature Review. *MIDIRS Midwifery Digest*, *23*(1), 7–16.

Feeley, C., Burns, E., Adams, E., & Thomson, G. (2015). Why do some women choose to freebirth? A meta-thematic synthesis, part one. *Evidence Based Midwifery*, *13*(1), 4–9.

Final, V., & Stringer, E. (2023). *Unassisted Birth guideline Contact*. https://www.england.nhs.uk/north-west/wp-content/uploads/sites/48/2023/05/GMEC-Unassisted-Birth-guideline-FINAL-V2-April-2023.pdf

Henriksen, L., Nordström, M., Nordheim, I., Lundgren, I., & Blix, E. (2020). Norwegian women's motivations and preparations for freebirth—A qualitative study. *Sexual and Reproductive Healthcare*, *25*(November 2019), 100511. https://doi.org/10.1016/j.srhc.2020.100511

Hollander, M., de Miranda, E., van Dillen, J., de Graaf, I., Vandenbussche, F., & Holten, L. (2017). Women's motivations for choosing a high risk birth setting against medical advice in the Netherlands: A qualitative analysis. *BMC Pregnancy and Childbirth*, *17*(1), 1–13. https://doi.org/10.1186/s12884-017-1621-0

Johansson, M., Jansson, O., Lilja, F., Ekéus, C., & Volgsten, H. (2023). Freebirth, the only option for women who do not fit into common practice– A Swedish national interview study. *Sexual and Reproductive Healthcare*, *37*(June). https://doi.org/10.1016/j.srhc.2023.100866

Mckenzie, G., Robert, G., & Montgomery, E. (2020). Exploring the conceptualisation and study of freebirthing as a historical and social phenomenon: a meta-narrative review of diverse research traditions. *Medical Humanities*, *46*(4), 512–524. https://doi.org/10.1136/medhum-2019-011786

Miller, A. C., & Mississippi, S. (2009). *" Midwife to Myself ": Birth Narratives among Women Choosing Unassisted Homebirth* *. *79*(1), 51–74. https://doi.org/10.1111/j.1475-682X.2008.00272.x

Shorey, S., Jarašiūnaitė-Fedosejeva, G., Akik, B. K., Holopainen, A., Isbir, G. G., Chua, J. S., Wayt, C., Downe, S., & Lalor, J. (2023). Trends and motivations for freebirth: A scoping review. *Birth*, *50*(1), 16–31. https://doi.org/10.1111/birt.12702

Velo Higueras, M., Douglas, F., & Kennedy, C. (2024). Exploring women's motivations to freebirth and their experience of maternity care: A systematic qualitative evidence synthesis. *Midwifery*, *134*(April), 104022. https://doi.org/10.1016/j.midw.2024.104022

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YOGA VE NEFES ÇALIŞMALARI İLE OPTİMUM PELVİK TABAN SAĞLIĞINA ULAŞMAK

Dr. Öğr. Üyesi Vasviye EROĞLU
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
vasviye.eroglu@gop.edu.tr - 0000-0003-0945-698X
Dr. Öğr. Üyesi Demet Çakır
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversite Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
demet.cakir@gop.edu.tr - 0000-0003-4794-516X
Öğr. Gör. Arslan SAY
Amasya Üniversitesi, Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
arslan.say@amasya.edu.tr - 0000-0001-5454-3105

Özet

Bu derleme yazısı, pelvik taban fonksiyonunu geliştirmek için farmakolojik olmayan yaklaşım olarak yoga uygulamalarının nefes farkındalığı çalışmalarının entegrasyonunu inceleyerek zihin, beden ve ruh arasındaki bağlantılara odaklanarak bütünsel sağlığa olan ihtiyacı vurgular. Yoga ve nefes çalışmalarının pelvik sağlık üzerindeki etkisiyle ilgili araştırmaların mevcut durumunu tartışır ve pelvik taban farkındalığının ve kontrolünün önemini vurgular. Pelvik fonksiyonu iyileştirmek ve işlev bozukluğunu önlemek için çeşitli egzersizler ve yoga duruşları önerilirken, yoganın pelvik taban için belirli faydalarını ölçmek ve ayrıntılandırmak için daha fazla çalışma yapılması gerekliliği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pelvik taban, disfonksiyon, yoga, nefes

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ACHİEVİNG OPTİMAL PELVİC FLOOR HEALTH WİTH YOGA AND BREATH AWARENESS EXERCİSES

Abstract

This review article examines the integration of yoga practices with breath awareness exercises as a nonpharmacological approach to improving pelvic floor function, emphasizing the need for holistic health by focusing on the connections between mind, body, and spirit. It discusses the current state of research on the effects of yoga and breath exercises on pelvic health and emphasizes the importance of pelvic floor awareness and control. While various exercises and yoga postures are recommended to improve pelvic function and prevent dysfunction, it is emphasized that further studies are needed to quantify and elaborate on the specific benefits of yoga for the pelvic floor.

Key words: Pelvic floor, dysfunction, yoga, breathing

1. GİRİŞ

Kadınlar yaşam döngülerinde doğum, menopoz ve yaşlanma gibi süreçlerden geçerler. Bu süreçler pelvik taban üzerinde strese yol açabilir (Bedekar, 2019). Pelvik taban kasları, pelvisin altını kapatan kas grubunu ifade eder, esas olarak levator ani kası, pelvik taban destek dokusunun önemli bir parçasıdır ve esas olarak tip I ve tip II kas liflerinden oluşur. Pelvik taban kasları mesaneyi, uterusu ve rektumu pelvik boşlukta sabitler ve diğer dokularla birlikte çalışır. Üretra, vajina ve rektum pelvik taban dokusundan geçer. Bu nedenle pelvik taban dokusu, uterus, mesane ve rektum gibi pelvik organları desteklemekte ve kadın boşaltımını, üremesini ve cinsel işlevleri sürdürmede hayati bir rol oynamaktadır (Li, 2022).

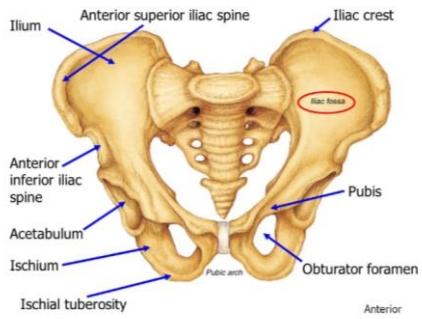
Pelvik Taban İşlevi

Pelvik taban, hem mecazi hem de fiziksel olarak fiziksel bedenin kökü olarak kabul edilir. "Pelvik taban" genellikle dik hareket kabiliyeti ve desteği sağlayan kas-iskelet sistemini tanımlar. Bu sistem, üreme, boşaltma ve dışkılama organlarını korur ve destekler. Pelvik tabandaki kasların düzgün çalışması, düzgün duruş hizalaması, omurga hareketi ve solunumun desteklenmesi üzerinde etkilidir. Çok sıkı bir pelvik taban, pelvik ağrıya, rektal spazm ve kabızlığa ve cinsel işlev bozukluğuna yol açabilir ve ayrıca fiziksel hareketliliği sınırlayabilir. Çok gevşek kaslar, idrar ve/veya bağırsak inkontinansı ve pelvik organ sarkması sorunlarına

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

neden olabilir. Şekil 1 kişinin pelvik pozisyonunun kinestetik farkındalığının odak noktası olan kemik pelvis içindeki yapıları göstermektedir. Anterior superior iliac kemikler, bel çizgisinin hemen altındaki kemiksi çıkıntılardır ve bir bireyin pelvisin eğimini bulmasına ve nötr bir pelvisin nasıl oluşturulacağını belirlemesine yardımcı olabilir. Zihinsel imgeleme kullanmak, pelvisin yönelimini anlamak için etkili bir yoldur. Pelvis suyla dolu bir kase olarak görselleştirilirse, öne (pelvik ön) veya arkaya (pelvik arka) eğmek, suyu kaseden dışarı atar. Pelvisin eğilmesi olmadığında, nötr bir pelvis elde edilir (Tenfelde, 2014).

Sakrum bir diğer kritik dönüm noktasıdır. Omurganın tabanında bulunan bu düz kemik, üstte geniştir ve kuyruk sokumuna doğru daralır. İskeal tüberoziteler (oturma kemikleri) ayakta dururken gluteus maximus tarafından örtülür. Ancak oturma pozisyonunda, zemine temas ederek bir topraklama hissi teşvik eder. Bir kişi zihnini ve dikkatini bu alana odaklayabildiğinde ve pelvik eğim hareketlerini yapabildiğinde, pelvisin kaslarını içeren daha derin, daha incelikli çalışma başlayabilir (Tenfelde, 2014).



Kaynak: https://oncetus.com/sozluk/anterior_superior_iliyak_cikinti/

Pelvik Taban Disfonksiyonu

Kadın pelvik taban disfonksiyonu çok sık görülen, kadınların fiziksel, ruhsal sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen önemli bir halk sağlığı sorunudur (Li, 2022). Bir çalışmada dünya çapında idrar inkontinansından etkilenen kişi sayısı bir ülke olarak temsil edilseydi, bu ABD nüfusuna yaklaşık dünyanın en büyük üçüncü ülkesi olurdu benzetmesi yapılmıştır (Kennaway, 2023). Pelvik taban kasları doğum, kabızlık, inatçı öksürük nedeniyle veya menopoz döneminde zayıflayabilir ve pelvik taban disfonksiyonuna neden olabilir (Churches, 2024). Pelvik taban disfonksiyonu, mesane ve bağırsak inkontinansı, pelvik organ prolapsusu (POP), değişmiş duyusal işlev ve boşaltma anormallikleri, cinsel işlev bozukluğu ve mesane ağrısı gibi bir dizi durumu içermektedir (Kennaway, 2023). Bazı kadınlar öksürme, hapşırma, gülme, egzersiz yapma, eşya kaldırma ve spor yapma gibi aktiviteler sırasında idrar kaçırma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yaşamaktadır. Buna stres inkontinansı denir. Pelvik taban kasları bu zamanlarda artan karın içi basıncına yeterince direnç gösteremez. Bazen de birey aniden idrar yapma isteği duyar ancak tuvalete yetişemeden idrar kaçırabilir. Buna sıkışma inkontinansı denir. Bu ikisinin beraber olduğu inkontinans şekline ise mikst inkontinans denir (Li, 2022). İnkontinans bir hastalık değil, mesane, sfinkter mekanizması veya pelvik taban kaslarındaki hasara bağlı bir semptomdur. Özellikle premenepoz ve menopoz dönemindeki kadınların hem fiziksel hem de ruhsal sağlıklarını ve yaşam kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir (Purba, 2021). Birçok yetişkin kadın inkontinans deneyimlese de, çoğu sağlık hizmeti arama eğiliminde değildir çünkü idrar inkontinansı doğum ve yaşlanmanın doğal bir sonucu olarak görülür ve ciddi bir sağlık sorunu olarak görülmez (Kim, et. al. 2015).

Pelvik taban disfonksiyonunda inkontinans dışında pelvik organ sarkması, pelvik ağrı, fekal inkontinans ve cinsel işlev bozukluğu gibi bir dizi semptom gözlenebilir (Li, 2022). Bu nedenle, mesane ve bağırsakları daha iyi kontrol etmek, pelvik organların desteğini iyileştirmek ve cinsel işlevi geliştirmek için pelvik tabanı güçlendirmek önemlidir. Pelvik taban kaslarını çalıştırmak yukarıdaki tüm durumlarda faydalıdır (Doğan vd., 2022).

Yoganın Pelvik Taban Sağlığına Etkisi

Günümüzde pelvik taban rehabilitasyon yöntemleri arasında manuel masaj, pelvik taban kas egzersizi (Kegel egzersizi), vajinal dambıl destekli pelvik taban kas eğitimi, elektriksel stimülasyon tedavisi ve biyolojik geribildirim tedavisiyle birleştirilmiş elektriksel stimülasyon ve yoga gibi tedaviye destek alternatif yöntemler yer almaktadır (Li, 2022).

Fiziksel, zihinsel, duygusal denge sağlık için odaklanılması gereken en önemli noktadır. Yoga, zihin, beden ve ruhun bütünleşmesini teşvik eden yüzyıllardır var olan spordan çok daha öte bir yaşam felsefesidir (Tenfelde, 2014). Milattan önce beş bin yıl öncesine dayanan bu felsefe Hindistan'da ortaya çıkmıştır (Blagg & Bolgla, 2023). Fiziksel etkilerinin yanı sıra stres ve kaygı azaltıcı, ruh halini iyileştirici, refah düzeyini artırıcı, kilo kontrolü sağlayıcı özelliklerinden dolayı giderek daha fazla tanınan ve kullanılan bir zihin-beden pratiği haline gelmiştir (Blagg & Bolgla, 2023; Yurtsal & Eroğlu, 2019). Son yıllarda özellikle doğum sonrası pelvik taban rehabilitasyonuna daha fazla dikkat çekilmekte ve yoganın bu rehabilitasyondaki avantajları ortaya konmaktadır. Yoga kasların ve pelvik taban bağlarını güçlendirerek pelvik taban kaslarının tonusunu ve bütünlüğünü artırır. Doğum sonrası pelvik taban rehabilitasyonunda yoga egzersizini kullanan kişilerin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır (Blagg & Bolgla, 2023). Gebelik ve doğum sırasında pelvik taban kasları ve fasya aşırı gerilir, vajinal doğum sürecinde forseps ve diğer cihazların kullanımı, doğum sonrası kadınlarda

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hormon seviyelerindeki değişiklikler pelvik taban kas liflerinde çeşitli derecelerde hasara neden olur ve bunun sonucunda pelvik taban fonksiyonu bozulur. (Li, 2022).

Sağlığın sadece fiziksel bir sistem olarak görülerek tedavi edildiği tıbbi bir modelin aksine, yoga, bireyi bir bütün halinde ele alarak kişiye odaklanmayı gerektirir. Zihin-beden pratikleri, bütünsel sağlık için etkili olmaktadır. Yoganın fiziksel, zihinsel ve ruhsal sağlık için farmakolojik olmayan faydalarına ilişkin literatürde oldukça fazla sayıda yayın bulunmaktadır. Yoga, nefes teknikleri, görsel imgeleme, meditasyon ve vücudun fiziksel hareketleriyle bir bütünlük içerir. Yoga, pelvik taban sağlığını destekleyebilir ve uzun vadeli pelvik taban işlev bozukluğunu önleyebilir veya en aza indirebilir (Tenfelde, 2014). Yoga fiziksel uygulamayı zihinsel farkındalıkla birleştirir. Esneklik ve elde edilen hareketliliği kontrol etmek için denge kazandırır. Yoga duruşları (asanaları), omurga segmentleri dahil olmak üzere tüm ekstremite segmentlerini birbirine bağlayan çeşitli duruşlardır. Örneğin: Gomukhasana, ardhamatsyendrasana, ardha-badhakonasana. Bunlar, kadınlar için hayati önem taşıyan otonomik işlevi uyaran omurga hareketliliği ve rotator bileşenleri üzerinde etkilidir (Bedekar, 2019).


Gomukhasana

Aardhamatsyendrasana

Ardhabadhakonasana

Kaynak: https://insideyoga.org

Çeşitli Yoga duruşlarının kombinasyonu kadınlarda güç, dayanıklılık ve vücut kompozisyonunun geliştirilmesini sağlamaktadır. Ardışık bir dizi yoga duruşunun nefesle koordinasyolu şekilde uygulanmasının kardiyovasküler işlevleri iyileştirmede etkili olduğu bulunmuştur (Li, 2022). Yakın zamanda yapılan başka bir pilot çalışmada pelvik tabanın MR görüntülemesi, üretra ve idrar sfinkterinin yer değiştirme ilişkisinin, hastaların önemli bir kısmında üriner inkontinas semptomlarına sebep olan temel bir mekanizma olduğu hipotezini ve belirli yoga pozları kullanıldığında yer çekiminin de üretra üzerinde önemli bir anatomik etki uyguladığını ileri sürmektedir (Stothers & Macnab, 2022).

Yapılan bir çalışmada pelvik taban kaslarını güçlendirmek için gövde ekstansörlerini, gövde rotatörlerini, hamstringleri, quadricepsleri ve baldır kaslarını hedef alan yoga pozları (ellerin kenetlendiği ön plank, modifiye edilmiş yan plank, yan açı (angle) ve kolların öne doğru

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

olduğu çekirge (locust)) ele alınmıştır. Bu pozlarda kadınların EMG'si çekilerek hareketlerin pelvik tabanı güçlendirmede etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Blagg & Bolgla, 2023).



Menopoz döneminde yapılan yoganın kadınların inkontinans semptomlarında iyileşme ile pozitif korelasyon göstermiş olduğu ve inkontinans ile ilişkili yaşam kalitesini iyileştirdiği saptanmıştır (Kim vd., 2015).

Nefes Farkındalığı (Pranayama) Çalışmalarının Pelvik Taban Sağlığına Etkisi

Ağır fiziksel aktivite ve ani basınçlı hareketler pelvik tabanı zorlayabilir ve tekrar tekrar yapılırsa, yüksek karın içi basıncının korunmamış pelvik taban kaslarını etkiler. İnspirasyon veya nefes tutma sırasında yapıldığında ise pelvik taban disfonksiyonuna neden olabilir (Talasz vd., 2022). Pelvik taban kaslarının solunumda karın içi basıncın oluşumunda kilit bir rol oynadığı ve birincil ekspiratuvar kas olarak görev yaptığı bildirilmektedir (Gordon & Reed, 2020). Literatürde, idrar inkontinansı ve pelvik organ prolapsusunu önlemek ve tedavi etmek amacıyla pelvik taban kas eğitimi ile birlikte nefes egzersizlerinin önerilmesi gerektiği ileri sürülmektedir (Kari vd., 2023). Nefes farkındalığı çalışmalarının sağlık sorunlarının tedavisinde alternatif bir müdahale olarak önemini vurgulayan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Bedekar, 2019). Bazı yazarlar pelvik taban kaslarının solunum fonksiyonu için önemli olduğunu ve efor sırasında nefesi inspiratuar bir düzende tutmanın pelvik taban kaslarına stres uyguladığını ve pelvik taban disfonksiyonuna neden olabileceğini iddia etmektedir (Talasz vd., 2022). Toprak ve ark. (2022) diyafram solunumu egzersizleri yaparak pelvik taban fonksiyonunun iyileştirilebileceğini, bunun da diyafram ve pelvik taban kasları arasındaki bağlantı yoluyla dolaylı olarak sağlanabileceğini ve idrar kaçırmanın

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

azaltılabileceğini öne sürmüşlerdir (Toprak vd., 2022). Diğer taraftan solunum fonksiyonlarının geliştirilmesinde de pelvik taban kasların önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Yapılan bir çalışmada pelvik taban kasıldığında diyafragma hareketinde ve solunum fonksiyonunda anlamlı bir değişiklik olduğu ortaya çıkarılmıştır. Pelvik taban kaslarının kasılması sırasında solunum çok daha etkili olduğu saptanmıştır. Bu nedenle pelvik taban kaslarını güçlendirme egzersizleri solunum rehabilitasyonuna dahil edilmelidir sonucuna varılmıştır (Park & Han, 2015).

Huang ve arkadaşları, derin nefes alma ve bilinçli gevşemeyi içeren yoga uygulamasının kaygıyı ve stresi azaltabileceğini ve bunun da sinirsel sinyalleri yeniden programlamaya yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir (Huang vd., 2019). Aşağıda pelvik taban kaslarını rahatlatan bir nefes tekniği anlatılmıştır.

- Sırt üstü uzanılır, dizler 1-3 yastık veya bir sandalyenin üzerinde bükülü olacak şekilde yerleştirilir.
- Eller aşağıda gösterildiği gibi pelvik bölgeye yerleştirilir.


Kaynak: https://cumming.ucalgary.ca.

- Havayı alt göğüs ve/veya karın üzerine doldurmak için yavaşça ancak derin bir nefes alınır.
- Kaburgaların yanlara doğru dışarı doğru hareket ettiği ve karının yavaşça öne doğru yükseldiği hissedilir.
- Karın bilinçli olarak dışarı itmeye çalışılmamalıdır. Üst göğüs, karından daha az hareketle gevşetilmelidir.
- Alınan nefes 2-3 saniye tutulduktan sonra yine burundan yavaşça verilir ve alt göğsün ve karının dinlenme pozisyonuna geri çöktüğü hissedilir.

Not: Hiperventilasyon olabileceği için, bu egzersizler sırasında veya sonrasında baş dönmesi veya sersemlik hissedilebilir. Bu nedenle, bir seferde birkaç tekrar yapıp nefes çalışması gün boyunca tekrarlayacak şekilde güne yayılabilir (CPC, 2018).

Nefes teknikleri akciğer faydalarından daha fazlasını kapsamaktadır. Nadi Shodhana nefesi akciğer kapasitesini, gaz değişimini artırmada, solunum hızını/hiperventilasyonunu, depresyon, stres ve anksiyeteyi azaltmada etkili olduğu sonucuna varmıştır (Rajesh Shah & Hardik Kothari, 2019). Aşağıda Nadi Shodhana Nefesi'nin uygulama basamakları anlatılmıştır.

Nadi Shodhana Nefesi (Dönüşümlü Burun Nefesi):

- Sağ elin işaret ve orta parmakları kaşların arasına yerleştirilir. Baş parmak ile sağ burun deliği, yüzük parmağı ise sol burun üzerine yerleştirilir ama burun delikleri kapatılmaz.
- Derin bir nefes alınır ve her iki burundan sakin ve aldığında daha uzun sürede olacak şekilde sakince nefes verilir.
- Sağ burun deliği baş parmak ile kapatılır ve sol burun deliği ile nefes alınır. Sol burun deliği yüzük parmağı ile kapatılır, sağ burun deliği açılır ve sağ taraftan nefes verilir.
- Sağ burun deliğinden nefes almadan önce nefes vermenin sonunda kısa bir duraklama yapılır. Sağ durun deliğinden derin ve uzun bir nefes alınır, başparmak ile sağ tarafı kapatılır, sol burun deliği açılır ve sol taraftan nefes verilir. Böylece tam bir döngü tamamlanmış olur. Aynı nefes döngüsü 2-5 dakika kadar uygulanır.

Sonuç olarak yoga ve nefes çalışmalarının öz bakımın bir parçası olarak evde uygulanabilme, uygulama sırasında asgari ekipman gerektirme veya online bir ortamda bakımın bir parçası olarak yönlendirildiğinde uygulanabilme gibi avantajları bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı nefes farkındalıklı yoga çalışmaları, ekonomik koşullar arasında yüksek derecede uygulanabilirliğe sahiptir (Goodwin vd., 2024).

KAYNAKLAR

Bedekar, N. (2019). Yoga for Lumbo-Pelvic Stability and Function in Women's' Health –Need for Combined Approach with Physiotherapy. *Journal of Yoga and Physiotherapy*, *8*(8), 122–124. https://doi.org/10.19080/jyp.2019.08.555730

Blagg, M., & Bolgla, L. (2023). The relative activation of pelvic floor muscles during selected yoga poses. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *52*(January), 101768. https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2023.101768

Churches, J. (2024). Pelvic floor muscle exercises. *The Urinary Sphincter*, *June*, 443–458. https://doi.org/10.1007/bf01923387

CPC. (2018). Dıaphragmatıc Breathıng wıth pelvıc floor relaxatıon. Chronic Pain Center. https://cumming.ucalgary.ca.

Doğan, H., Özengin, N., & Semra, E. (2022). Farklı üriner inkontinans tiplerinde hasta özellikleri, üriner inkontinans davranışları ve yaşam kalitesinin karşılaştırılması. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, *9*(3), 189–195. https://doi.org/10.15437/jetr.1052568

Goodwin, A., Stothers, L., & Macnab, A. (2024). Pelvic Floor Muscle Dysfunction, Exercise, and Yoga: Insights from Advances in Imaging and Spectroscopy. Içinde *Intech Open* (C. 11, Sayı tourism, s. 13). https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.115555

Gordon KE., Reed, O. (2020). The Role of the Pelvic Floor in Respiration: A Multidisciplinary Literature Review. *Journal of Voice*. 34 (2): 243-249.

Huang, A., Margaret, C., Nadra, L., Eric, V., Michael, S., Sarah, P., Amy, H., & Leslee, S. (2019). A Group-Based Yoga Program for Urinary Incontinence in Ambulatory Women: Feasibility, Tolerability, and Change in Incontinence Frequency over Three Months in a Single-Center Randomized Trial. *Am J Obstet Gynecol.*, *220*(1), 87. https://doi.org/10.1177/0022146515594631.Marriage

Kari, B., Driusso, P., & Jorge, C. H. (2023). Can you breathe yourself to a better pelvic floor? A systematic review. *Neurourology and Urodynamics*, *42*(6), 1261–1279. https://doi.org/10.1002/nau.25218

Kennaway, B. (2023). Pelvic health physiotherapy for the management of pelvic floor dysfunction in the recreationally active female. *Journal of Pelvic, Obstetric and Gynaecological Physiotherapy*, *131*(October 2022), 33–41.

Kim, G. S., Kim, E. G., Shin, K. Y., Choo, H. J., & Kim, M. J. (2015). *Combined pelvic muscle exercise and yoga program for urinary incontinence in middle-aged women*. 330–339. https://doi.org/10.1111/jjns.12072

Li, Q. (2022). The Effects of Yoga Exercise on Pelvic Floor Rehabilitation of Postpartum Women. *Journal of Healthcare Engineering*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/1924232

Park, H., & Han, D. (2015). The effect of the correlation between the contraction of the pelvic floor muscles and diaphragmatic motion during breathing. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(7), 2113–2115. https://doi.org/10.1589/jpts.27.2113

Purba, J. (2021). Effectiveness of Pelvic Floor Muscle Training and Yoga on the Quality of Life in Perimenopausal Women with Urinary Incontinence. *Nurse Media Journal of Nursing*, 11(1): 85-93.

Rajesh Shah, M., & Hardik Kothari, P. (2019). Effects of Nadi-Shodhana Pranayama on Depression, Anxiety, Stress and Peak Expiratory Flow Rate in Post CABG Patients: Experimental Study. *International Journal of Health Sciences & Research (www.ijhsr.org)*, *9*(10), 40. www.ijhsr.org

Stothers, L., & Macnab, A. (2022). Pd38-10 Upright Open Mri With Standing Yoga Poses Indicates That Postural Effects on the Bladder Neck and Urethra Occur Relevant To Female Urinary Incontinence. *Journal of Urology*, *207*(Supplement 5), 2022. https://doi.org/10.1097/ju.0000000000002596.10

Talasz, H., Kremser, C., Talasz, H. J., Kofler, M., & Rudisch, A. (2022). Breathing, (S)Training and the Pelvic Floor—A Basic Concept. *Healthcare (Switzerland)*, *10*(6). https://doi.org/10.3390/healthcare10061035

Tenfelde, S. (2014). Yoga for the Pelvic Floor. Içinde *Retrieved from Loyola eCommons, Nursing: School of Nursing Faculty Publications and Other Works*.

Toprak, N., Sen, S., & Yigit, B. (2022). The role of diaphragmatic breathing exercise on urinary incontinence treatment: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *29*, 146–153. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.10.002

Yurtsal, Z. B., & Eroğlu, V. (2019). Gebe Kadınların Gebelikte Yoganın Faydaları Hakkındaki Bilgi ve Görüşleri. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. https://doi.org/10.32708/uutfd.622187

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TİP 2 DİYABET HASTALARI İÇİN FONKSİYONEL ATIŞTIRMALIK ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Mervenur Gökmen [1]
Kastamonu Üniversitesi,
dyt.mervegokmen@gmail.com - 0009-0008-3769-580X

Diyetisyen Nilsu Bulut [2]
dyt.nilsubulut@gmail.com - 0009-0000-6152-456X

Dr. Öğr. Üyesi Zehra Gülsünoğlu Konuşkan [3]
İstanbul Aydın Üniversitesi,
zehragulsunoglu@aydin.edu.tr - 0000-0001-6497-1912

ÖZET

Diyabet tüm dünya genelinde bir halk sağlığı sorunudur. Ülkemizde prevalansı giderek artmaktadır. Tip 2 diyabet insülin eksikliği ve insülin direnci ile oluşan ve hiperglisemi ile karakterize bir diyabet tipidir. Hiperglisemi pankreas β hücre fonksiyonlarının bozulmasına ve insülin direncinin artmasına sebep olmaktadır. Diyabetin önlenmesi ve tedavisi için yaşam tarzı değişiklikleri, fiziksel aktivite ve beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi gerekmektedir. Hastalığın temel tedavisini beslenme oluşturmaktadır. Günümüzde tüketicilerin temiz içerikli ürünlere olan talebinin artması nedeniyle ürün formülasyonlarında basit şeker yerine doğal tatlandırıcıların kullanıldığı ürünler geliştirilmektedir. Çinkonun diyabetli bireylerin metabolizmasında önemli bir yere sahip olduğu araştırmalarca bildirilmektedir. Kabak çekirdeği çinkodan zengin besinler arasındadır. Karnıyarık otu tohumu tozunun yüksek lif içermesi vücudun glisemik kontrolünde etkilidir ve gıdalarda kullanımı geliştirilmektedir. Antioksidanca zengin çilek düşük glisemik indekste bir meyve olduğu için diyabetli bireylerin kan şekerinin ani yükselmesine sebep olmamaktadır. Tarçın insülin duyarlılığını arttırmakta ve kan şekerinin dengelenmesine yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda diyabetli bireyler için özellikle çinko içeriği yüksek kabak çekirdeği sütü, karnıyarık otu tohumu tozu, tarçın ve çilek içerikli fonksiyonel bir atıştırmalık üretimi amaçlanmaktadır. Üretilen atıştırmalık örneklerine doğal tatlandırıcılardan olan agave şurubu ve akçaağaç şurubu ayrı olarak eklenerek renk analizi, duyusal analiz ve kimyasal analizler yapılmıştır. Duyusal analiz sonucunda örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamakla birlikte genel beğeni akçaağaç şuruplu örnek yönünde olmuştur. Bu çalışma sonucunda diyabet hastaları için fonksiyonel alternatif bir ürün üretilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tip 2 diyabet, çinko, fonksiyonel gıda, psyllium

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Günümüzde diyabet prevalansı giderek artan kronik bir halk sağlığı sorunudur (Turan vd., 2015; Özer, 2019). Tip 2 diyabet; hiperglisemi, insülin eksikliği ve insülin direnci ile karakterize olan diyabet tipidir (Turan vd., 2015; Gök, 2023). Hiperglisemi; pankreas β hücre fonksiyonlarının bozulmasına ve insülin direncinin artmasına neden olur (Karagöz, 2024). Poliüri, polidipsi, polifaji, noktüri, ağız kuruluğu, halsizlik ve çabuk yorulma Tip 2 diyabetin semptomlarındandır (Haydar vd., 2024). Diyabetin önlenmesi ve tedavisi için yaşam tarzı değişiklikleri, fiziksel aktivite ve beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi gerekmektedir (Kul vd., 2023). Tip 2 diyabet hastalarında medikal tedavinin yanı sıra tıbbi beslenme tedavisi de önemlidir (Tümer vd., 2012; Bulutlar, 2015). Tıbbi beslenme tedavisinin amacı kan glukoz seviyelerinin kontrolünü sağlamaktır (Tümer vd., 2012; Özelgün, 2017).

Beslenmeye bağlı olarak besin takviyelerinin de önemli bir yeri vardır (Sorgeç, 2019). Tip 2 diyabet hastalarında çinko takviyesinin, insülin ve C peptit düzeylerini artırarak, glisemik kontrolü iyileştirebileceği bildirilmektedir (Gizlici vd., 2019; Erdoğdu, 2023). Ayrıca çinko bağışıklık fonksiyonunun sürdürülmesi için önemli olan temel eser elementlerden biridir. Kabak çekirdeği çinkodan zengindir (Bayram, 2020; Güngör vd., 2021; Genç vd., 2022) ve yağlı tohumlu gıdalar arasındadır. Yağlı tohumların kan şekeri seviyelerinin kontrolünü sağlayarak Tip 2 diyabetin önlenmesinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Çelik vd., 2013). Bu sebeple, proje kapsamında geliştirilecek olan üründe çinkodan zengin çiğ kabak çekirdeği sütü kullanılacaktır.

Karnıyarık otu tohumu tozu, içerdiği yüksek lifler sayesinde insülin ve kan şekeri seviyelerini düzenlemeye yardımcı olur. Ayrıca vücudun glisemik tepkisini kontrol altına almaya yardımcı olmasından dolayı "süper gıda" olarak bilinir (Çetiner vd., 2018; Güzeldere, 2022). Karnıyarık tohumu karbonhidrat absorbsiyonunu engelleyici özelliğe sahiptir. Araştırmalara göre karnıyarık otu tüketiminin tokluk kan şekerini % 14-20 oranında düşürdüğü gözlenmiştir (Orhan vd., 2010).

Antioksidan ve vitamince zengin çilek düşük glisemik indekse sahiptir. Bu sayede özellikle diyabetli bireylerin kan şekerinin ani sıçramasına sebep olmaz, kan şekerini dengeleyerek tokluk süresini uzatır (Bayram vd., 2013). Çilek yüksek antosiyanin bakımından zengin meyveler arasındadır. Yapılan çalışmalarda antosiyanin alımının insülin duyarlılığını artırdığı ve kan şekeri seviyelerinin yükselmesini önlediği gözlenmiştir (Afacan vd., 2020). Ayrıca çilek epikateşin ve resveratrol fitokimyasallarını içermektedir (Erdoğan, 2022; Soykurt vd., 2024). Bu fitokimyasallar anti-aging özelliktedirler, Tip 2 diyabet olmak üzere kardiyovasküler hastalıklar, alzheimer ve kanserin önlenmesinde etkililerdir (Soykurt vd., 2024).

Tarçın antidiyabetik, antihiperlipidemik, antiobezite, antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuar ve vazodilatör etkileri dahil olmak üzere birçok farmakolojik etkiye sahiptir (İşcan vd., 2022; Pak vd., 2023). Kan şekerini dengelemeye ve düşürülmesine yardımcıdır. İnsüline duyarlılığı arttırır, reseptörlerin hassasiyetini artırarak insüline yanıt verilmesini sağlar. İnsülin duyarlılığının artmasıyla birlikte şeker seviyeleri normale döner (Orhan vd., 2010; Çiçekli, 2023; Pak vd., 2023). Yapılan bir çalışmada tarçın kullanımının açlık kan şekeri ve HOMO-IR değerlerinde azalma sağladığı bildirilmiştir (Bellikci-Koyu vd., 2021). Tarçının

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapısında bulunan metil hidroksil kalkon polimeri (MHKP) insüline benzeyen etkiler göstermektedir, kan glukoz seviyelerini azalttığı saptanmıştır. Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda HbA1c düzeylerini azalttığı bildirilmiştir (Arslan, 2024).

Fazla şeker tüketimi başta diyabet olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak tatlandırıcılar düşük glisemik indeks ve düşük kalori değerleri nedeniyle şeker ikamesi olarak kullanılmaktadır (İşgören vd., 2019; Aydın vd., 2022). Tatlandırıcılar; doğal tatlandırıcılar ve yapay tatlandırıcılar olarak sınıflandırılırlar. Doğal tatlandırıcılar, bitkilerin çiçek, yaprak, kök ve kabukları gibi doğal bölümlerinden elde edilirler. Akçaağaç şurubu, agave şurubu, keçiboynuzu şurubu en çok bilinen geleneksel doğal tatlandırıcılardandır (İşgören vd., 2019; Muslu vd., 2020). Yapay tatlandırıcıların kalorisi ve glisemik indeksi sıfıra yakın, tatlandırma gücü yüksektir. Ancak son çalışmalar yapay tatlandırıcı tüketiminin TİP 2 diyabet gelişimine, insülin direncine ve glukoz intoleransına neden olabileceğini göstermektedir. Sağlık üzerine etkileri hakkında çalışmalar yetersizdir (Pehlivan vd., 2020; Aydın vd., 2022; Mızrak vd., 2024).

Belirtilen sebeplerle diyabet hastaları için geliştirilmek istenen yeni fonksiyonel atıştırmalık üretiminde çiğ kabak çekirdeği sütü, karnıyarık otu tohumu tozu, çilek ve tarçın kullanılacaktır. Şeker ikamesi olarak agave şurubu ve akçaağaç şurubu kullanılacaktır. İçeriğindeki nem miktarını azaltmak ve daha uzun süre raf ömrüne sahip bir ürün elde etmek için şekil verilen karışım liyofilize edilerek kurutulacaktır. Ayrıca liyofilizasyon yönteminde uygulanan düşük sıcaklık uygulaması ile üründeki besin değerlerinin maksimum düzeyde korunması hedeflenmektedir. Bu sayede diyabet hastaları için yeni fonksiyonel bir ürün geliştirilerek toplumsal sağlığa fayda sağlanması amaçlanmaktadır.

2. UYGULAMALAR

2.1. Materyal

Üretimde kullanılan çiğ kabak çekirdeği (%11 karbonhidrat, %33 protein, %56 yağ, %8,8 lif) Antepyolu Kuruyemiş satıcısından, Karnıyarık otu tozu (%96 karbonhidrat, %3 protein, %1 yağ, %77 lif) ve seylon tarçın (%94 karbonhidrat, %5 protein, %1 yağ, %53 lif) Wefood satıcısından, agave şurubu (%100 karbonhidrat, %0 protein, %0 yağ, %5,7 lif) TheLifeCo satıcısından temin edilmiştir. Taze çilek (% 89 karbonhidrat, %8 protein, % 3 yağ, %2 lif) Babaoğlu Ticaret meyve sebze toptancısından satın alınmıştır. Akçaağaç şurubu (%100 karbonhidrat, %0 protein, %0 yağ, %0 lif) Vermont markasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Ön denemeler sonucunda belirlenen formülasyonlar ve üretim şekli şu şekildedir; çiğ kabak çekirdekleri 12 saat suda bekletilip 1 L su ile blend edilmiştir. Posası süzgeç yardımıyla süzülerek kabak çekirdeği sütü elde edilmiştir. Kabak çekirdeği sütü 70-80ºde ortalama 1 dk ısıtılıp içerisine karnıyarık otu tozu eklenmiştir ve homojen kıvam alana kadar karıştırılmıştır. Çilekler blendırdan geçirilip karışımın içerisine tarçınla birlikte eklenmiştir. Tüm karışım homojen kıvam alana kadar karıştırılmıştır. Karışım 2 eşit gramaja bölünmüş ve agave şurubu ile akçaağaç şurubu ilaveli atıştırmalıklar hazırlanmıştır. Akçaağaç şuruplu ve agave şuruplu örneklerin üretim reçetesi Çizelge 1'de, üretim basamakları ise Görsel 1'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Karışımlar tek kullanımlık tabaklara dökülerek -18ºde 24 saat dondurulmuştur. Donan akçaağaç şuruplu ve ageve şuruplu örnekler 36 saat liyofilize edilmiştir. Daha sonra duyusal analiz için küpler halinde kesilmiştir. Kimyasal analizler ve renk analizi için örnekler -18ºC'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 1. Üretim Reçeteleri

Hammaddeler	Agave Şuruplu Örnek	Akçaağaç Şuruplu Örnek
Agave Şurubu	40 g	-
Akçaağaç Şurubu	-	15 g
Tarçın	5 g	5 g
Karnıyarık Otu Tozu	15 g	15 g
Çilek	212 g	212 g
Kabak Çekirdeği Sütü	85 g	85 g



Görsel 1. Üretim Basamakları

2.2.1. Kimyasal Analiz Yöntemleri

Çalışmada üretilen örneklere aşağıda belirtilen analizler uygulanmıştır.

Nem analizi: Örneklerin nem analizi gravimetrik olarak belirlenmiştir. 5 g örnek 105ºC'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Sonuçlar yüzde cinsinden verilmiştir (AOAC, 2000).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kül analizi: Örneklerin kül miktarları gravimetrik olarak belirlenmiştir. 3 g örnek yakma krozelerine tartılmış ve yakma fırınında 550°C'de 5 saat yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler desikatörde soğutulduktan sonra ağırlıkları kaydedilmiş ve sonuçlar yüzde kül cinsinden verilmiştir (AOAC, 2000).

Toplam yağ analizi: Örneklerin yağ miktarı Soxhlet cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yağ analizi öncesi örneklerin nemi uzaklaştırılmış ve 5 g örnek tartılarak Soxhlet cihazında petrol eteri ilavesi ile ekstrakte edilmiş ve daha sonra çözgen bir döner buharlaştırıcı yardımıyla uzaklaştırılarak, örneklerdeki yağ miktarı belirlenmiştir. Sonuçlar yüzde yağ cinsinden verilmiştir (AOAC, 2000).

Toplam protein analizi: Örneklerin toplam protein analizi Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir. Yakma tüplerine 4 g örnek, 12 g K_2SO_4, 0.3 g $CuSO_4.5H_2O$ ilave edildikten sonra, 25 mL H_2SO_4 eklenerek 450°C'de yakma işlemi tamamlanıncaya kadar devam edilmiştir. Yakma işlemi biten örnekler, 100 mL %40'lık NaOH ile distile edilmiş ve distilat 50 mL borik asit (%4'lük) içeren erlende toplanmıştır. Titrasyon işlemi ile toplam protein miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

$$\%\ TP = [(V_t - V_0) \times N \times 14 \times 6.25 \times 100] / (w \times 1000)$$

Karbonhidrat analizi: Örneklerin belirlenen yağ, nem, kül ve protein değerlerinin toplamının 100'den çıkarılması ile hesaplanmıştır (Gülsünoğlu vd., 2019b).

2.2.2. Renk Analizi

Renk analizi Minolta renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılmış ve L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. Öğütülmüş örnekler petri kapları içine alınmış ve renk ölçümleri yapılmıştır. L* değeri 100 ise beyazı, 0 ise siyahı tanımlarken, pozitif a* kırmızı, negatif a* ise yeşili temsil etmektedir. Pozitif b* sarı rengi belirtirken, negatif b* ise mavi rengi belirtmektedir (Cingöz vd., 2022).

2.2.3. Duyusal Analiz

Örnekler 5'li hedonik skala kullanılarak 28 panelist grubu tarafından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu amaçla örneklerin renk, koku, tat, gevreklik ve genel beğeni özellikleri açısından değerlendirilmiş ve sonuçlar ortalama puanlar üzerinden verilmiştir.

2.3.4. İstatiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatiksel analizleri Minitab 18 programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar üç tekrarlı ölçümlerin ortalaması ve standart sapması şeklinde verilmiştir. Elde edilen veriler one-way ANOVA yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey karşılaştırma testi ile 0.05 anlamlılık düzeyinde belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Kimyasal Analiz Sonuçları

Farklı tatlandırıcılar kullanılarak elde edilen örneklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, nem ve yağ kimyasal analiz sonuçları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Kül, protein ve karbonhidrat değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık

bulunmaktadır. Ageve şurubu %85-90 oranında fruktoz içerir. Tatlandırma gücü 1,4g, glisemik indeksi 11-15, kalorisi 3,1 kcal/g'dır. Akçaağaç şurubu %50-70 oranında sakkaroz, düşük oranda glikoz ve fruktoz içerir. Tatlandırma gücü 0,6 g, glisemik indeksi 54, kalorisi 2,6 kcal/g'dır (İşgören vd., 2019). Karbonhidrat değerleri arasında görülen farklılığın kullanılan farklı tatlandırıcılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, kimyasal kompozisyonu belirlenen örnekler ayrı olarak 40 gram agave şurubu ve 15 gram akçaağaç şurubu içermektedir. Bu durumda agave şurubunun 3,5 akçaağaç şurubunun ise 0,09 tatlılık derecesi etki etmiştir. Akçaağaç şuruplu örnek agave şuruplu örneğe göre daha yüksek glisemik indekse sahiptir. Akçaağaç şuruplu örnek agave şuruplu örneğe göre daha düşük kaloriye sahiptir. Akçaağaç şurubu potasyum, kalsiyum, çinko ve manganez minerallerini az da olsa yapısında içermektedir (Özdemir vd., 2014). Akçaağaç şurubunun mineral içermesi kül miktarının artmasına sebep olmuştur. Acun ve arkadaşlarının yaptığı Şeker İkamesi Olarak Doğal Tatlandırıcılar ile Glutensiz Muffin Kek Üretimi ve Kalite Değerlendirmesi adlı çalışmada mineral madde içeriği diğer kullanılan tatlandırıcılara göre fazla olan lavanta balı ilave edilen kek örneğinin kül miktarı daha yüksek çıkmıştır (Acun vd., 2024). Bu sonuçlar mineral madde içeriği yüksek olan doğal tatlandırıcıların ilave edildiği gıdalarda kül analizi sonuçlarının yüksek çıktığını göstermektedir. Şeker nem tutma özelliğine sahiptir (Acun vd., 2024). Agave şuruplu örneğin akçaağaç şuruplu örneğe göre daha yüksek nem değerine sahip olması kimyasal kompozisyonunda daha fazla şeker içermesine bağlı olabilir. Palamutoğlu ve arkadaşlarının yaptığı Şeker İkamesi Olarak Stevya Ekstraktı Kullanımının Keklerin Bazı Fiziksel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi alı çalışmada doğal tatlandırıcılardan biri olan stevyanın farklı miktarlarda eklenmesiyle hazırlanan kek örneklerinin nem değerleri ölçülmüştür. Stevya miktarı arttıkça nem miktarının da arttığı görülmüştür (Palamutoğlu vd., 2018).

Çizelge 2. Kimyasal Analiz Sonuçları

	Nem	Kül	Yağ	Protein	Karbonhidrat
Agave şurubu içeren örnekler	13,07±1,18^{a}	2,68±0,70^{b}	9,72±1,05^{a}	8,90±0,10^{b}	65,64±1,05^{a}
Akçaağaç şurubu içeren örnekler	12,28±0,58^{a}	3,57±0,08^{a}	11,0±0,82^{a}	11,20±0,08^{a}	62,0±0,64^{b}

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.2. Renk Analizi Sonuçları

Farklı tatlandırıcılar kullanılarak üretilen ürünlerin renk değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Örneklerin L*, a* ve b* değerleri ölçülerek, renk değerleri karşılaştırılmıştır. Örnekler arasında L* değerinin (koyuluk/açıklık) istatiksel olarak önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Agave şurubu ilavesinin rengi koyulaştırdığı tespit edilmiştir. Kırmızılık/yeşillik değeri olarak bilinen a* değerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiş olup akçaağaç şurubu ilaveli örneklerde bu değerin daha da yükseldiği tespit edilmiştir. Sarılık/mavilik olarak bilinen b* değeri en yüksek akçaağaç şurubu ilaveli örneklerde tespit edilmiştir ve örnekler arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Agave şuruplu örneğin L* değerinin düşük çıkması daha koyu bir renge sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum agave şurubu üretilirken

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

maillard reaksiyonu gerçekleşmiş olmasından kaynaklanabilir. Maillard reaksiyonu karbonil grubu içeren indirgen şekerler ve serbest amino grubu içeren amino asitler arasında gerçekleşmektedir (Güldane, 2014). Doğal tatlandırıcılar eklenerek üretilen gıdalara ait çalışmalarda da L* değerinin düşük çıkmasının maillard reaksiyonundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Kaya vd., 2023; Turgut vd., 2023; Acun vd., 2024).

Çizelge 3. Renk Analiz Sonuçları

	L*	a*	b*
Agave şurubu içeren örnekler	43,28±0,56[b]	18,40±0,27[a]	13,51±0,08[b]
Akçaağaç şurubu içeren örnekler	49,0±0,45[a]	18,48±0,03[a]	16,42±0,26[a]

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.3. Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal analiz yarı eğitimli/eğitimli 28 panelist tarafından gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Duyusal değerlendirmede tat, renk, gevreklik, koku ve genel beğeni özellikleri bakımından 1-5 puan aralığında hedonik skala kullanılmıştır. Örneklerin almış olduğu puanlar dikkate alındığında genel beğeni akçaağaç şurubu ilave edilmiş örneğin daha fazla beğenildiğini göstermektedir, ancak istatistiksel anlamda agave ve akçaağaç şuruplu örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Tat, renk, koku ve gevreklik açısından da örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Tüketici beğenisi açısından değerlendirildiğinde, iki tatlandırıcının da diyabetik atıştırmalık üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir. Cingöz ve arkadaşlarının yaptığı Diyabetik Bal Kabağı Marmelatı Üretimi adlı benzer bir çalışmada 1-5 puan aralığında hedonik skala kullanılmış olup renk, koku, tat ve lezzet bakımından değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucuna göre stevia (doğal, kalorisiz tatlandırıcıdır, sakarozdan 200-400 kat daha tatlıdır) ilaveli marmelatların genel beğenisi daha yüksektir (Cingöz vd., 2022). Bizim çalışmamızda kullandığımız agave ve akçaağaç şurubu geleneksel tatlandırıcılardandır. (İşgören vd., 2019). Diyabetik ürünlerde kullanılan şeker ikamelerinin ürünün duyusal özelliklerinde olumlu etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. Duyusal Analiz Sonuçları

ÖRNEKLER	Tat	Renk	Gevreklik	Koku	Genel Beğeni
Agave şurubu içeren örnekler	3,89±0,74[a]	4,04±0,74[a]	2,82±1,02[a]	3,68±0,82[a]	3,75±0,59[a]
Akçaağaç şurubu içeren örnekler	3,93±0,81[a]	4,07±0,63[a]	2,79±1,29[a]	3,71±0,71[a]	3,86±0,80[a]

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatiksel olarak birbirinden farklıdır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Günümüzde diyabet global olarak epidemik boyutlara ulaşan majör bir halk sağlığı sorunudur. Tıbbi beslenme tedavisi diyabet kontrolünün önemli bir aşamasıdır. Bu projede TİP 2 diyabet hastaları için kan şekeri seviyelerini yükseltmeyen ve kan şekeri seviyelerinin düzenlenmesine yardımcı olabilecek alternatif bir ürün geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, akçaağaç şurubu kullanılarak üretilen atıştırmalıkların kül ve protein değerlerinin daha yüksek olduğu, buna karşın karbonhidrat içeriğinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Duyusal analiz sonuçları ise farklı tatlandırıcı kullanımının tüketici değerlendirmelerini etkilemediğini göstermektedir. Sonuçta akçaağaç şurubu ilaveli atıştırmalık üretiminin tüketime katkı sağlayacağı ve diyabet hastaları için fonksiyonel alternatif bir ürün olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, ilerleyen çalışmalar için üretilen bu atıştırmalıkların diyabetik hastalarda kan şekeri düzeylerini nasıl etkilediğinin belirlenmesi önerilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

Acun, S., Gül, H., Ulutürk, Ş., Çevik, H. E., Yaver, Y., Şeker İkamesi Olarak Doğal Tatlandırıcılar ile Glutensiz Muffin Kek Üretimi ve Kalite Değerlendirmesi, Aydın Gastronomy, *8*(1), 15-30, 2024.

Afacan, F. Ö., Sönmezdağ, A. S., Antosiyaninlerin Beslenmedeki Önemi ve Sağlık Üzerine Etkiler, Karya Journal of Health Science, *1*(1), 19-24, 2020.

AOAC. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, 17th ed. Arlington, Virginia, USA. 2000.

Arslan, A., *Ratlarda Tip 1 ve Tip 2 Diyabet Modellerinde Farklı Tedavi Yöntemlerinin Karşılaştırılması,* Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstütüsü, Afyonkarahisar, 2024.

Aydın, Ö., Öney, B., Koçak, B. Doğal ve Yapay Tatlandırıcıların Sağlık Üzerine Etkileri, Atlas Journal of Medicine, 1(3), 30-39, 2022.

Bayram, S. E., Özeker, E., Elmacı, Ö. L., Fonksiyonel Gıdalar ve Çilek, Akademik Gıda, 11(2), 131-137, 2013.

Bayram, Ş. B., *Kabak Çekirdeği Zarının Gıda Takviyesi Olarak Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 2020.

Bellikci-koyu, E., Yürekli, B. P. Ş., Özdemir, N., Büyüktuncer, Z., Tip 2 Diabetes Mellituslu Hastaların Bitkisel Destek Kullanım Durumları, Akdeniz Tıp Dergisi, 7(3), 377-384, 2021.

Bulutlar, O. N., Diyabet Hastalarına Beslenme Açısından Yaklaşım, Okmeydanı Tıp Dergisi, 31, 39-44, 2015.

Cingöz, A., Demirdöven, A., Diyabetik Bal Kabağı (Cucurbita moschata Duch.) Marmelatı Üretimi, Turkish Journal of Agricultural Engineering Research, *3*(1), 146-156, 2022.

Çelik, N., Akbulut, G., Diabetes Mellitus'un Tıbbi Beslenme Tedavisinde Yağlı Tohumların Kullanımı, ERÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 1(1), 73-82, 2013.

Çetiner, Ö., Rakıcıoğlu, N., İnsülin Direncine Etki Eden Besinler, Beslenme ve Diyet Dergisi, 46(2), 192-200, 2018.

Çiçekli, K., Cinnamomum Zeylanicum-Tarçın, Acta Medica Ruha, 1(2), 154-157, 2023.

Erdoğdu, Ş., İnsülin Direnci ve Diyabette Eser Element ve Minerallerin Rolü, Europeanatolia Health Sciences Journal, 1(1), 1-5, 2023.

Furkan Erdoğan, H., *Antioksidanca zengin meyve ve sebze tozları ile fonksiyonel ekmek üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2022.

Genç, F. N., Aslan, A., COVID-19'un Vücut Ağırlığı Üzerine Etkisi, Meyad Akademi, 3(1), 42-53, 2022.

Gizlici, M. N., Çatak, J., Diabetes Mellitus ve Çinko İlişkisi, Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi, 3(2), 107-113, 2019.

Gök, H., Tip 2 Diyabet ve İnkretinlerin Etkisi, Atlas Journal Of Medicine, 3(7), 34-45, 2023.

Gulsunoglu, Z., Aravind, S., Bai, Y., Wang, L., Kutcher, H. R., Tanaka, T., (2019b), Deoxynivalenol (DON) accumulation and nutrient recovery in black soldier fly larvae (Hermetia illucens) fed wheat infected with Fusarium spp. Fermentation, *5*(3), 83, 2019.

Güldane, M., *Şeker alkolleri ve yeni nesil antioksidan etkili tatlandırıcıların bisküvi kalite özelliklerine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2014.

Güngör, A. G., Özdoğan, Y., COVID-19, Pandemi Sürecinin Psikolojik Etkileri ve Duygusal Yeme Davranışı, Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 4(2), 34-43, 2021.

Güzeldere, H. K. B., *Obeziteden Korunmada ve Obezite Tedavisinde Geleneksel Bitkiler*. Yalın Yayıncılık, 2022.

Haydar, Y. B. D. D. Y., Kurtkulağı-Doç, E. D. D. Ö., Pek, İ. E., eds., Her Yönüyle Diyabet, Holıstence Publıcatıons, 2024.

İşcan, G., Sarıaltın, E. B., Soyseven, M., Arli, G., Türkiye'de Tüketime Sunulan Tarçın Türlerinin Anatomik İncelenmesi ve Kumarin Miktarlarının Belirlenmesi, Gıda, 47(2), 310-327, 2022.

İşgören, A., Sungur, S., Tatlandırıcılar. Lectio Scientific, *3*(1), 19-33, 2019.

Karagöz, B. Ö., *Tip 2 Diyabet Tedavisinde Güncel Uygulama ve Yaklaşımlar*. Sağlık & Bilim 2024 Güncel Tıp-I, 9, 2024.

Kaya, C., Yücel, E. E., Topuz, S., Bayram, M., Farklı Tatlandırıcılar Kullanılarak Üretilen Hindistan Cevizi Marmelatlarının Özelliklerinin Belirlenmesi, Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences, (19), 10-18, 2023.

Kul, Y., Çarıkçı, F., Aktaş, E., Girgin, B. A., Üniversite Öğrencilerinde Beslenme Alışkanlıkları ve Psikopatolojik Semptomların Tip 2 Diyabet Riski ile İlişkisi. Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi, 7(3), 240-248, 2023.

Mızrak, Ö. F., Yapay Tatlandırıcıların Sağlıklı Beslenme ve Helal Gıda Açısından Değerlendirilmesi, Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi, 2024.

Muslu, M., Kermen, S., Çocuk ve Adolesanlarda Şeker İlaveli İçeceklerin Tüketimi ve Sağlık Üzerine Etkileri, Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 225-230, 2020.

Orhan, U. E. N., Aslan, M., Diyabet Tedavisinde Kullanılan Bitkisel Ürünler ve Gıda Destekleri, Diyabet ve Obezite, 27, 2010.

Özdemir, D., Başer, H., Çakır, B., Tatlandırıcılar, Turkiye Klinikleri Journal Of Endocrinology, *9*(2), 60-70, 2014.

Özelgün, D., Diabetes Mellitus' ta Tıbbi Beslenme Tedavisi İlkeleri, Klinik Tıp Bilimleri, *5*(4), 41-49, 2017.

Özer, E., Diyabette Tıbbi Beslenme Tedavisinin Uygulanması ve Diyetisyenin Sorumlulukları, Beslenme ve Diyet Dergisi, 47, 5-14, 2019.

Pak, M., Erdem, N. Z., Vücut Ağırlık Yönetiminde Tarçın Kullanımının Rolü, Beslenme ve Diyet Dergisi, 51(1), 103-111, 2023.

Palamutoğlu, R., Kasnak, C., Moral, B., Şeker İkamesi Olarak Stevya Estraktı Kullanımının Keklerin Bazı Fiziksel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 98-108, 2018.

Pehlivan Zengin, M., Köksal, E., Doğal ve Yapay Tatlandırıcıların Glukoz İntoleransı, Karaciğer Enzimleri ve Oksidatif Stres Üzerine Etkisi, Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 13(1), 140-154, 2020.

Sorgeç, Y., *Tip 2 Diyabetik Bireylerde Beslenme Alışkanlıkları, Beslenme Bilgi Düzeyleri ve Besin Takviyesi Kullanım Durumlarının Bazı Biyokimyasal Bulgulara Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Öğretim ve Araştırma Enstütüsü, Kuzey Kıbrıs, 2019.

Soykurt, S. Ç., Boran, E., Ataman, M., Yaşlanma Karşıtı Mucizesi: Anti-Aging ve Beslenme, International Journal, 3(02), 09-07, 2024.

Turan, E., & Kulaksızoğlu, M. (2015). Tip 2 diyabet tedavisinde güncel yaklaşımlar. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 86-94.

Turgut, D. Y., Tanriseven, M., Yeğin, A. B., Gölüklü, M., Tokgöz, H., Kola, O., Düşük Şekerli Turunç Marmelatı Üretiminde Rebaudioside A Kullanımının Araştırılması, Gıda, 48(4), 872-887, 2023.

Tümer, G., Çolak, R., Tip 2 Diabetes Mellitusda Tıbbi Beslenme Tedavisi. Journal of Experimental and Clinical Medicine, 29(1s), 12-15, 2012.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ EBELİK VE HEMŞİRELİK ÖĞRENCİLERİNİN ANATOMİ DERSİ İLE İLGİLİ DÜŞÜNCELERİ

Prof. Dr. Mehmet DEMİR
Kahramanmaras Sutcu Imam University, School of Medicine, Anatomy Dept, Avsar Campus
mdemir2779@gmail.com-0000-0003-2405-9317

ÖZET

Çalışmamızın amacı, Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik ve Hemşirelik öğrencilerinin verilen anatomi eğitimine yönelik görüş ve önerilerini belirlemektir. 2024-2025 eğitim döneminde Hemşirelik (n=107) ve Ebelik (n=96) programına kayıtlı birinci sınıf öğrencilerine 6'sı teorik eğitimle, 1'i internet kullanımıyla, 4'ü sınavlarla ve 5'i laboratuvar eğitimiyle ilgili olmak üzere ilgili 16 sorudan oluşan bir anket Google Formlar üzerinden gönderildi. Tamamen gönüllü katılım esasına dayanan bu ankette yer alan yanıtlar "katılmıyorum", "fikrim yok" ve "katılıyorum" şeklinde çıpaların yer aldığı üç noktalı Likert tipi bir ölçek kullanıldı. Hemşirelik öğrencilerinin %82,7'si, Ebelik öğrencilerinin ise %83,3'ü "Anatomi dersi iyi bir hemşire/ ebe olmam için gereklidir" ifadesine katılıyorum cevabı verdiler. "Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgilidir" ifadesine hemşirelik öğrencilerinin %80,8'i ve Ebelik öğrencilerinin %68,9' u "katılıyorum" cevabı vermişlerdir (p=0.001). "Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır" ifadesine hemşirelik öğrencilerinin %73,1'i ve Ebelik öğrencilerinin %76,4' ü "katılıyorum" cevabı ile onaylamışlardır (p=0.004). "Laboratuvar dersleri teorik derslerden daha önemlidir" ifadesine ise hemşirelik öğrencilerinin %41,3'ü ve Ebelik öğrencilerinin %50,6'sı "katılıyorum" cevabı vermişlerdir (p=0.023). Sonuç olarak öğrenciler geri bildirimleriyle anatomi eğitimdeki yenilikçi yaklaşımların takibi hemşirelik ve ebelik programlarında çok önemli olduğu ifade etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Anatomi, Eğitim, Ebelik, Hemşirelik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

OPINIONS OF KAHRAMANMARAS SUTCU IMAM UNIVERSITY FACULTY OF HEALTH SCIENCES MIDWIFE AND NURSING STUDENTS ABOUT THE ANATOMY COURSE

ABSTRACT

Aim of our study is to determine the opinions and suggestions of the Faculty of Health Sciences Midwifery and Nursing students regarding the anatomy education given. A survey consisting of 16 questions, 6 about theoretical education, 1 about internet use, 4 about exams and 5 about laboratory education, was sent to first-year students enrolled in the Nursing (n=107) and Midwifery (n=96) programs in the 2024-2025 academic year via Google Forms. The responses in this survey, which is based on completely voluntary participation. A three-point Likert-type scale was used for the answers to the questions, with anchors at “disagree”, “no idea”, and “agree”. 82.7% of nursing students and 83.3% of midwifery students agreed with the statement, “Anatomy course is necessary for me to be a good nurse/midwife”. 80.8% of nursing students and 68.9% of midwifery students responded “I agree” to the statement “The topics covered in the anatomy course are related to my profession” (p=0.001). 73.1% of nursing students and 76.4% of midwifery students agreed with the statement, “Exams with multiple-choice questions help determine the rate of comprehension of the topic” (p=0.004). 41.3% of nursing students and 50.6% of midwifery students responded “I agree” to the statement “Laboratory courses are more important than theoretical courses” (p=0.023). As a result, students have stated that following innovative approaches in anatomy education through their feedback is very important in nursing and midwifery programs.

Keywords: Anatomy, Education, Midwifery, Nursing

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Çağın gereksinimlerine uygun şekilde bilgi ve iletişim teknolojisindeki gelişmeler eğitim kurumlarının işleyişi ve müfredatları üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır (1). Bu bağlamda yükseköğretim düzeyinde müfredatın oluşturulması ve derslerin yapılandırılmasında üniversitenin temel eğitim prensiplerine bağlı kalarak, modern eğitim anlayışını gözeterek hedef odaklı planlamalar yapılmaktadır (2). Sağlık alanındaki güncel gelişmeler verilen sağlık eğitiminin ve buna bağlı uygulanan eğitim programlarının yeniden şekillenmesini mecbur kılmaktadır (3,4). Türkiye'de sağlık sektörüne yönelik eğitim sağlayan kurumlar arasında lisans düzeyinde eğitim veren Sağlık Bilimleri Fakülteleri ile ön lisans programları sunan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulları bulunmaktadır. Bu kurumlar, sağlık personeli yetiştirme sürecinde önemli bir rol üstlenerek sektörün ihtiyaçlarına uygun nitelikli bireyler yetiştirmektedir. Bu kurumların eğitim müfredatlarında öğrencilere yönelik birçok mesleki bilgi ve beceriyi arttırmayı hedefleyen dersler verilmektedir. Bu derslerden biride temel tıp biliminin yapı taşı olan anatomi dersleridir (5). Öğrencilerin sonraki dönem dersleriyle ilişkisi ve ileride meslek hayatlarındaki verimliliğine katkı sunması bakımından alınan anatomi eğitiminin en verimli şekilde yapılması önemlidir (6). Bu bakımdan tıp hekimliği dışında tedavi, görüntüleme, hasta bakımı, rehabilitasyon gibi hizmetleri sunan sağlık profesyonellerinin anatomiyi en iyi şekilde bilmesi, öğrenmesi elzemdir (7).

Çalışmamızın amacı Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik ve Hemşirelik programı öğrencilerinin verilen anatomi eğitimiyle ilgili görüş ve önerilerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Çalışma grubunu 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik (n=107) ve Ebelik birinci sınıf (n=98) öğrencileri oluşturmuştur. Sağlık Bilimleri Fakültesi programlarına kayıtlı öğrenci sayıları ve iletişim bilgileri, ilgili fakültenin öğrenci işleri biriminden alınmıştır. Ebelik ve Hemşirelik öğrencilerine bir yarıyıl boyunca haftada 2 saat teorik ve 2 saat uygulamalı olmak üzere toplam 16 haftada 64 saat anatomi eğitimi verilmektedir.

2.2. Veri Toplama Araçları

2024-2025 Eğitim döneminde, öğrencilere gönüllülük esasına dayalı Google Forms üzerinden bir anket uygulanmıştır. Bu anket, anatomi eğitimi hakkında toplam 16 soru içermektedir: teorik eğitime yönelik 6, internet kullanımına ilişkin 1, testler üzerine 1, sınavlarla ilgili 3 ve pratik/laboratuvar eğitimi hakkında 5 soru. Öğrencilerden ad soyad gibi bilgileri tarafsızlığını

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sağlamak amacıyla istenmemiştir. Sorulara verilen yanıtlar, 'katılmıyorum', 'fikrim yok' ve 'katılıyorum' şeklindeki üçlü Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.3. Etik

Çalışmaya Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıbbi Araştırmalar Etik Kurulundan (TAREK) 2024/34-10 nolu kararıyla başlanmıştır.

2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmanın örnek büyüklüğünün belirlenmesinde power analizinden yararlanılmıştır. Çalışmaya alınması gereken örnek sayısı n=189 olarak hesaplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde nicel değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Nitel değişkenlerin alt grupları arasındaki dağılımsal farklılık kikare testi ve exact testi ile incelendi. İstatistik parametreleri oran ve frekanslar ile ifade edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS versiyon 22 programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

Anket çalışmamıza Ebelik öğrencilerinden 90 (%45.9) ve Hemşirelik öğrencilerinden 106 (%54.1) olmak üzere toplam 196 gönüllü öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin 23'ü (%11,7) erkek, 173'ü ise (%88.3) kadındır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Öğrencilerin sınıf ve cinsiyet dağılımına yönelik verileri

		n	%
Bölüm	**Hemsirelik**	106	54,1%
	Ebelik	90	45,9%
Cinsiyet	**Kadın**	173	88,3%
	Erkek	23	11,7%

Analiz sonucunda, öğrencilerin en çok "katılıyorum" yanıtını verdiği ifadeler şu şekilde sıralanmıştır: Öğrencilerin %90,8'i "Anatomik maketler teorik bilgilerin kolay anlaşılmasını sağlar" ifadesini desteklemiştir. Bunu %89,7 oranıyla "Ders malzemelerinin (PDF, sunumlar, çizimler) web sayfasında bulunması gereklidir" ifadesi takip etmiştir. Ayrıca, %88,7'lik bir oranla "Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır" görüşü dile getirilmiştir. Laboratuvar derslerinin yararlı olduğunu belirtenlerin oranı %84,5 olurken, %83,1'i "Anatomi dersi iyi bir hemşire/ebe olmam için gereklidir" ifadesine katılmıştır. Ancak, öğrencilerin %81,9'i "Vize/Final sınavlarında ayrıca laboratuvar sınavı da

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapılmalıdır" ifadesine ve %43,3'ü "Laboratuvar ders saatleri artırılmalıdır" önerisine katılmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Anket Sorularına Verilen Yanıtların Oransal Analizi

		n	%
Anatomi dersi iyi bir hemşire/ ebe olmam için gereklidir	Katılmıyorum	19	9,7%
	Fikrim yok	14	7,2%
	Katılıyorum	162	83,1%
Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgilidir.	Katılmıyorum	25	12,8%
	Fikrim yok	23	11,8%
	Katılıyorum	147	75,4%
Derste anlatılan konuların klinik önemleri de vurgulanmalıdır.	Katılmıyorum	13	6,7%
	Fikrim yok	24	12,4%
	Katılıyorum	156	80,8%
Anatomik maketler teorik bilgilerin kolay anlaşılmasını sağlar.	Katılmıyorum	11	5,6%
	Fikrim yok	7	3,6%
	Katılıyorum	177	90,8%
Anatomi ders saatlerinin sayısı ve süresi yeterlidir.	Katılmıyorum	41	21,0%
	Fikrim yok	18	9,2%
	Katılıyorum	136	69,7%
Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır	Katılmıyorum	10	5,1%
	Fikrim yok	12	6,2%
	Katılıyorum	173	88,7%
Ders malzemeleri(PDF, sunumlar, çizimler …) web sayfasında bulunmalıdır	Katılmıyorum	4	2,1%
	Fikrim yok	16	8,2%
	Katılıyorum	174	89,7%
Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır	Katılmıyorum	30	15,5%
	Fikrim yok	20	10,3%
	Katılıyorum	144	74,2%
Vize /Final sınavlarında sorulan sorular derslerde anlatılan konular ile ilgilidir.	Katılmıyorum	39	20,2%
	Fikrim yok	30	15,5%
	Katılıyorum	124	64,2%
Vize /Final sınavlarında ayrıca Laboratuvar sınavı da yapılmalıdır.	Katılmıyorum	158	81,9%
	Fikrim yok	26	13,5%
	Katılıyorum	9	4,7%
Vize /Final sınavlarında çizim (resim) mutlaka yer almalıdır	Katılmıyorum	86	44,1%
	Fikrim yok	33	16,9%
	Katılıyorum	76	39,0%
Laboratuvar dersleri yararlıdır	Katılmıyorum	17	8,8%
	Fikrim yok	13	6,7%
	Katılıyorum	164	84,5%
Laboratuvar ders saatleri arttırılmalıdır.	Katılmıyorum	84	43,3%
	Fikrim yok	43	22,2%
	Katılıyorum	67	34,5%
Mesleğimize yönelik anatomik maket sayısı arttırılmalıdır.	Katılmıyorum	12	6,2%
	Fikrim yok	22	11,3%
	Katılıyorum	161	82,6%
Laboratuvar dersleri teorik derslerden daha önemlidir.	Katılmıyorum	45	23,2%
	Fikrim yok	60	30,9%
	Katılıyorum	89	45,9%
Laboratuvar derslerinde kadavra kullanılmalıdır.	Katılmıyorum	17	8,7%
	Fikrim yok	34	17,4%

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Katılıyorum	144	73,8%

Çizelge 2 verilerine göre, hemşirelik öğrencilerinin %82,7'si ve ebelik öğrencilerinin %83,3'ü "Anatomi dersi iyi bir hemşire/ebe olmam için gereklidir" ifadesine katıldıklarını belirtmiştir. Ancak, bu oranlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (p=0.624). Buna karşın, "Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgilidir" ifadesine hemşirelik öğrencilerinin %80,8'i, ebelik öğrencilerinin ise %68,4'ü katılmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p=0.001). Öğrencilerin "Anatomik maketler teorik bilgilerin kolay anlaşılmasını sağlar" ifadesine katılım oranları hemşirelik bölümü için %88,5, ebelik bölümü için ise %93,3 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, "Ders malzemeleri (PDF, sunumlar, çizimler) web sayfasında bulunmalıdır" ifadesine hemşirelik öğrencilerinin %87,5'i, ebelik öğrencilerinin ise %92,1'i katılım göstermiştir. Bunun yanında, "Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır" ifadesine katılım oranları hemşirelik öğrencileri için %73,1, ebelik öğrencileri için %76,4 olarak belirlenmiştir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p=0.004). Hemşirelik öğrencilerinin %41,3'ü, ebelik öğrencilerinin ise %50,6'sı "Laboratuvar dersleri teorik derslerden daha önemlidir ifadelerine verdikleri katılıyorum yanıtları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (p=0,023). "Vize /Final sınavlarında ayrıca Laboratuvar sınavı da yapılmalıdır", "Vize /Final sınavlarında çizim (resim) mutlaka yer almalıdır", "Laboratuvar ders saatleri arttırılmalıdır" ifadelerine gerek hemşirelik gerekse de ebelik öğrencileri tarafından onaylanmamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ebelik ve Hemşirelik Öğrencilerinin Anatomi Eğitimi (Teorik/Pratik) Hakkındaki Düşüncelerinin Karşılaştırılması

		Bölüm				
		Hemsirelik		Ebelik		
		n	%	n	%	p
Anatomi dersi iyi bir hemşire/ ebe olmam için gereklidir	Katılmıyorum	9	8,7%	10	11,1%	0,624
	Fikrim yok	9	8,7%	5	5,6%	
	Katılıyorum	86	82,7%	75	83,3%	
Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgilidir.	Katılmıyorum	5	4,8%	20	22,2%	0.001*
	Fikrim yok	15	14,4%	8	8,9%	
	Katılıyorum	84	80,8%	62	68,9%	
Derste anlatılan konuların klinik önemleri de vurgulanmalıdır.	Katılmıyorum	6	5,8%	7	8,0%	0.597
	Fikrim yok	15	14,4%	9	10,2%	
	Katılıyorum	83	79,8%	72	81,8%	
Anatomik maketler teorik bilgilerin kolay anlaşılmasını sağlar.	Katılmıyorum	7	6,7%	4	4,4%	0.517
	Fikrim yok	5	4,8%	2	2,2%	
	Katılıyorum	92	88,5%	84	93,3%	
Anatomi ders saatlerinin sayısı ve süresi yeterlidir.	Katılmıyorum	23	22,1%	18	20,0%	0,713
	Fikrim yok	11	10,6%	7	7,8%	
	Katılıyorum	70	67,3%	65	72,2%	
Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır	Katılmıyorum	6	5,8%	4	4,4%	0.577

	Fikrim yok	8	7,7%	4	4,4%	
	Katılıyorum	90	86,5%	82	91,1%	
Ders malzemeleri(PDF, sunumlar, çizimler …) web sayfasında bulunmalıdır	Katılmıyorum	2	1,9%	2	2,2%	0,449
	Fikrim yok	11	10,6%	5	5,6%	
	Katılıyorum	91	87,5%	82	92,1%	
Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır	Katılmıyorum	11	10,6%	18	20,2%	0,004*
	Fikrim yok	17	16,3%	3	3,4%	
	Katılıyorum	76	73,1%	68	76,4%	
Vize /Final sınavlarında sorulan sorular derslerde anlatılan konular ile ilgilidir.	Katılmıyorum	18	17,3%	21	23,9%	0,459
	Fikrim yok	15	14,4%	14	15,9%	
	Katılıyorum	71	68,3%	53	60,2%	
Vize /Final sınavlarında ayrıca Laboratuvar sınavı da yapılmalıdır.	Katılmıyorum	85	82,5%	72	80,9%	0,132
	Fikrim yok	16	15,5%	10	11,2%	
	Katılıyorum	2	1,9%	7	7,9%	
Vize /Final sınavlarında çizim (resim) mutlaka yer almalıdır	Katılmıyorum	41	39,4%	45	50,0%	0,333
	Fikrim yok	19	18,3%	14	15,6%	
	Katılıyorum	44	42,3%	31	34,4%	
Laboratuvar dersleri yararlıdır	Katılmıyorum	10	9,7%	7	7,8%	0,695
	Fikrim yok	8	7,8%	5	5,6%	
	Katılıyorum	85	82,5%	78	86,7%	
Laboratuvar ders saatleri arttırılmalıdır.	Katılmıyorum	43	41,3%	40	44,9%	0,114
	Fikrim yok	29	27,9%	14	15,7%	
	Katılıyorum	32	30,8%	35	39,3%	
Mesleğimize yönelik anatomik maket sayısı arttırılmalıdır.	Katılmıyorum	8	7,7%	4	4,4%	0,194
	Fikrim yok	15	14,4%	7	7,8%	
	Katılıyorum	81	77,9%	79	87,8%	
Laboratuvar dersleri teorik derslerden daha önemlidir.	Katılmıyorum	20	19,2%	25	28,1%	0,023*
	Fikrim yok	41	39,4%	19	21,3%	
	Katılıyorum	43	41,3%	45	50,6%	
Laboratuvar derslerinde kadavra kullanılmalıdır.	Katılmıyorum	10	9,6%	7	7,8%	0,685
	Fikrim yok	20	19,2%	14	15,6%	
	Katılıyorum	74	71,2%	69	76,7%	

Chi square test; Exact test; 0.05; *Dağılımsal farklılık istatistiksel olarak anlamlı

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Eğitim süreçlerinde geri bildirimlerin düzenli şekilde alınması, mevcut eksikliklerin kısa sürede tespit edilmesine olanak tanır. Bu yaklaşım, eğitim kalitesini artırmak için yeni stratejilerin geliştirilmesine zemin hazırlar ve problemlere hızlı çözümler sunulmasını sağlar. Bu sayede, öğrencilerin öğrenme deneyimi iyileştirilirken eğitimin etkinliği de artırılmış olur (8-10). Anatomi eğitiminde yenilikçi yöntemlerin öğrenmeyi daha etkili hale getirdiği bildirilmektedir (11). Çalışmamızda ise ebelik ve hemşirelik öğrencilerinin anatomi eğitiminin ileride görecekleri klinik uygulamalara temel oluşturacağını ancak mevcut anatomi eğitiminde

uygulamalı ve teknolojik destekli öğrenme araçlarının da kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

”Anatomi dersinin gerekliliği’’ konusunda yapılan çalışmalarda ise öğrencilerin Anatomi eğitiminin zor olduğunu ancak bu bilgilerin ileride görecekleri mesleki derslere temel oluşturacağını ifade etmişlerdir (2,5,6). Bolatlı ve ark.’nın yaptıkları anket çalışmasında öğrencinin %92’si (n=161) anatomi dersinin meslekleri için önemli bir ders olduğunu belirtmişlerdir (12). Bizim çalışmamızda da benzer olarak ‘’Anatomi dersi iyi bir hemşire/ ebe olmam için gereklidir?’’ sorusuna öğrencilerinin %83,1'i ve “Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgilidir” ifadesine öğrencilerinin %75,4'ü katılıyorum yanıtı vererek, öğrencilerin ‘’anatomi dersinin mesleğe faydası’’ konusunda bilinçli olduğunu göstermektedir.

”Klinik önem vurgusu’’ konusunda yapılan çalışmalarda ise Arı ve ark (3). Anatomi dersinin klinik bilgilerle birlikte verilmesinde sağlanacak kazancın, öğrencilere göre % 90.1(n=172) oranında olduğunu ifade ederken, Bolatlı ve ark. (12) anatomi dersinin klinik uygulamalarda gerekli olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda öğrencilerin %80,8'i “Derste anlatılan konuların klinik önemleri de vurgulanmalıdır” ifadesine onay vermişlerdir.

”Anatomik Maket Kullanımı” konusunda Singh ve ark. araştırmasında, makroskopik anatomi derslerinin daha etkili bir şekilde işlenmesi amacıyla üç boyutlu interaktif modellerin kullanıldığı belirtilmiştir (13). Benzer şekilde, başka bir çalışmada Hemşirelik öğrencilerinin, anatomi derslerinde yenilikçi ve etkileşimli öğretim yöntemlerine olan ilgisinin arttığı gözlenmiştir (14). Öğrenciler, görsel materyaller, sanal laboratuvarlar ve oyunlaştırılmış eğitim yöntemleri gibi araçların öğrenme süreçlerini desteklediğini ifade etmiştir (14). Tıp Fakültesi öğrencileri arasında gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise katılımcıların %97,7’si, "Anatomik maketlerin teorik bilgilerin anlaşılmasını kolaylaştırdığı" görüşüne katılmıştır (15). Kilis'te yapılan bir araştırmada ise yüksekokul öğrencilerinin %82,1’i (n=188), anatomi derslerinde kullanılan maket ve diğer eğitim materyallerinin yetersiz olduğunu belirtmiştir (5). Erbay ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, tıp öğrencilerinin üç boyutlu modelleme ve maketlerin, kadavra kullanımına göre daha öğretici olduğunu düşündüğünü ortaya koymuştur (16). Kendi araştırmamızda ise öğrencilerin %90,8’inin anatomik maketlerin eğitim süreçlerinde faydalı olduğunu ifade etmesi, somut öğrenme materyallerinin eğitimin vazgeçilmez unsurları arasında yer aldığını göstermektedir. Ayrıca, bu tür materyallerin, öğrencilerin uygulamalı bilgi ve becerilerini geliştirerek teorik bilgileri pratikte kullanabilme yeteneğini artırdığı anlaşılmıştır (17).

”Ders materyallerinin dijital erişimi” konusu değerlendirildiğinde, öğrencilerin %89,7'si "Ders malzemeleri (PDF, sunumlar, çizimler) web sayfasında bulunmalıdır" ifadesini desteklemiştir. Benzer şekilde, %88,7 oranında öğrenci "Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır" görüşüne katıldıklarını ifade etmiştir. Gözil ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada da öğrencilerin %83,3'ü ders sunumlarının kendilerine verilmesinin yararlı olduğunu belirtmiştir (18). Tıp fakültesi öğrencileri arasında yapılan bir başka çalışmada ise katılımcıların %93,6'sı "Ders materyalleri (PDF dosyaları, sunumlar, çizimler vb.) fakülte web sayfasında yer almalıdır" ifadesine katılım göstermiştir (15).

”Laboratuvar dersleri ve Kadavra kullanımı’’ konusu Anatomi eğitiminde eğitimciler bakımından yadsınamaz bir gerekliliğe sahiptir. Bu önemin öğrencilerdeki farkındalığının sorgulandığı çalışmalarda, kadavranın anatomide öğrenilen bilgilerin kullanımını olumlu yönde etkileyen etkenlerin başında geldiği bildirilirken (19), Arı ve ark. (3) kadavranın anatomi eğitiminde mutlaka olması (% 91,1’i (n=174)) gerektiğini, Büyükmumcu ve ark. çalışmalarında öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun anatomi eğitiminin kadavrasız olamayacağını düşündüklerini bildirmiştir (20). Bizim çalışmamızda da yukarıda anılan çalışmalara benzer olarak ”Laboratuvar derslerinde kadavra kullanılmalıdır” ifadesine %73,8 oranında destek gelmiştir. Bunu destekler nitelikte çalışmamızda Laboratuvar derslerinin yararlı olduğunu düşünen öğrenci sayısının ise %84,5'tir. Buda öğrencilerin anatomik yapıları kadavra üzerinde somut olarak görebilmelerini sağlayarak, teorik bilgilerin kalıcı hale gelmesini desteklemektedir (21).

Sonuç olarak, ebelik ve hemşirelik öğrencileri anatomi dersini mesleki becerilerinin gelişmesi için önemli bulmuşlardır. Ancak, dersin öğretim yöntemleri ve materyalleri, öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçlarına göre yeniden düzenlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin geri bildirimleri bir sonraki eğitim öğretim yılında bizlere yol gösterici olacağına inanmaktayız.

KAYNAKLAR

1. Rasmussen, K., Belisario, J. M., Wark, P. A., Molina, J. A., Loong, S. L., Cotic, Z., & Papachristou, N. (2014). Offline eLearning for undergraduates in health professions: A systematic review of the impact on knowledge, skills, attitudes and satisfaction. Journal of Global Health, 4(1), 010405. https://doi.org/10.7189/jogh.04.010405

2. Pamay, A., Büyükertan, M., & Balcıoğlu, H. A. (2017). An investigation on the anatomy education at dental faculties in European and North American universities. Yeditepe Dental Journal, 13(2), 29–33. https://doi.org/10.5505/yeditepe.2017.44154

3. Arı, İ., İrgil, E., Kafa, İ. M., & Şendemir, E. (2003). Bir anket çalışması: Anatomi eğitimi ve öğrencilerin görüşleri. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 29, 15–18.

4. Kapıcıoğlu, M. İ. S., & Bulun, M. (2003). Tıp eğitiminde bilişim teknolojileri kullanımı. Akademik Bilişim Konferansı, Çukurova Üniversitesi, 81.

5. Demir, M., Atay, E., Kılıç, M., & İpekçi, N. N. (2014). Kilis 7 Aralık Üniversitesi lisans ve ön lisans eğitiminde öğrencilerin anatomi dersi ile ilgili görüşlerinin karşılaştırılması. Sağlık Bilimleri Dergisi, 23(3), 144–148.

6. Abdullahi, A., & Gannon, M. (2012). Improving college students' success in gateway science courses: Lessons learned from an anatomy and physiology workshop. American Journal of Health Sciences, 3(3), 159–168. https://doi.org/10.19030/ajhs.v3i3.7134

7. Yıldırım, M. (2014). Topografik Anatomi. Nobel Tıp Kitabevi.

8. Karabilgin, Ö., & Şahin, H. (2006). Eğitim etkinliğini değerlendirmede öğrenci geri bildiriminin kullanımı. Tıp Eğitimi Dünyası, 21(21), 27–33.

9. Penny, A. R. (2003). Changing the agenda for research into students' views about university teaching: Four shortcomings of SRT research. Teaching in Higher Education, 8(3), 399–411. https://doi.org/10.1080/13562510309396

10. Skovholt, K. (2018). Anatomy of a teacher–student feedback encounter. Teaching and Teacher Education, 69, 142–153. https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.09.012

11. Smith, J., & Jones, R. (2020). Innovations in anatomy education: A comparative study. Journal of Medical Education, 25(3), 45–60. https://doi.org/10.1234/jme.2020.056

12. Bolatlı, G. (2021). Hemşirelik bölümü öğrencilerinin anatomi dersi hakkındaki düşünceleri. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 30(4), 238–244.

13. Singh, A., & Min, A. K. (2017). Digital lectures for learning gross anatomy: A study of their efficacy. Korean Journal of Medical Education, 29, 27–32. https://doi.org/10.xxxx/kjme.2017.29.1

14. Isik, B., & Kuzudisli, S. (2015). Learning anatomy of nursing and medical students. Procedia Social and Behavioral Sciences, 197, 1079–1084. https://doi.org/10.xxxx/psbs.2015.197.4

15. Demir, M., Ateşoğlu Karabaş, S., Arpacı, M. F., & Doğaner, A. (2023). Modern eğitimdeki yenilikçi yaklaşımlar çerçevesinde anatomi dersinin öğrenci bakış açısıyla değerlendirilmesi. Kocatepe Tıp Dergisi, 24(3), 350–356. https://doi.org/10.18229/kocatepetip.1155603

16. Erbay, H., Bilir, A., Gönül, Y., Turamanlar, O., & Songur, A. (2015). Medical students' perception of cadaver and their attitudes towards using the cadaver in education. Turkish Journal of Bioethics, 2(1), 63–72.

17. Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2019). Human Anatomy & Physiology. Pearson.

18. Gözil, R., Özkan, S., Bahçelioğlu, M., Kadıoğlu, D., Çalgüner, E., Öktem, H., Şenol, E., Mutlu, M., Kürkçüoğlu, A., Yücel, D., Babus, T. (2006). Gazi Üniversitesi tıp fakültesi 2. sınıf öğrencilerinin anatomi eğitimini değerlendirmeleri. TED, 23(23), 27–32.

19. Aggarwal, R., Brough, H., & Ellis, H. (2006). Medical student participation in surface anatomy classes. Clinical Anatomy, 19(7), 627–631.

20. Büyükmumcu, M., Aydın, A. D., Akın, D., Yılmaz, M. T., & Bodur, A. S. (2013). Tıp fakültesi öğrencilerinin anatomi pratik derslerinde kullanılan pratik ders slaytları hakkındaki görüşleri. Selçuk Tıp Dergisi, 29(2), 71–74.

21. Standring, S. (2021). Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. Elsevier.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TÜRKİYE'DE MESLEK HASTALIKLARI KONUSUNDA ÜRETİLEN LİSANSÜSTÜ TEZLERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

YL Öğrencisi Talha GÖKÇE
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği ABD
talhagkc96@gmail.com - https://orcid.org/0009-0008-5055-3670

Doç.Dr. Kamuran ÖZDİL
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
kamuranozdil2008@gmail.com - https://orcid.org/0000-0003-0852-7854

ÖZET

Çalışmanın amacı Türkiye'de meslek hastalıkları konusunda yapılmış lisansüstü tezlerin incelenmesidir. Çalışmada nitel araştırma desenlerinden biri olan bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Veriler Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı'nda yer alan "meslek hastalığı" ve "meslek hastalıkları" anahtar kelimeleri kullanılarak filtrelenmiştir. Anahtar kelime veri tabanında arama bölümüne arama terimleri sekmesine "tümü", aranacak alana "tümü" ve izin durumu sekmesine "izinli" yazılarak arama yapılmıştır. Arama sırasında herhangi bir yıl sınırlaması uygulanmamıştır. Taramanın yapıldığı tarihte Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından tam metnine ulaşılamayan, literatür, doküman, belge, arşiv taramaları olan tezler incelemeye dâhil edilmemiştir. Toplam 49 teze ulaşılmış ve bu tezler çalışma kapsamında incelenmiştir. Bulgular yayın yılı, tez türü, ana bilim dalı, araştırma yöntemi, örneklem grubu, veri toplama araçları, araştırmanın yapıldığı yer ve incelenen değişkenler başlıkları altında kodlanmıştır. Bulgular sayı ve yüzdeler verilerek sunulmuştur. Tezlerin 1990-2023 yılları arasında yapıldığı ve 2017 yılından itibaren ivme kazandığı, en fazla çalışmanın %16,32 oranıyla 2019 yılında yapıldığı belirlenmiştir. Tezlerin %79,6'sının yüksek lisans tezi olduğu ve sırasıyla sağlık bilimleri (%57,14), sosyal bilimler (%24,50) ve fen bilimleri (%18,36) alanlarında üretildiği görülmüştür. Tezlerin yaklaşık yarısı (%40,82) betimsel türdedir. Örneklem grupları farklı iş kollarında çalışanlardan oluşmasına rağmen en fazla ele alınan örneklem grubunun %30,62 oranıyla sağlık sektöründe çalışanlar olduğu görülmüştür. Tezlerin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde Marmara Bölgesi (n: 15 %32,60) ilk sırada yer almaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda meslek hastalıkları konusunda

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

doğrudan daha fazla çalışma yapılması ve farklı iş kollarında daha fazla bilimsel bilgi üretilmesi önerilmektedir. Ayrıca meslek hastalıkları konusunda; çözüm stratejileri geliştiren, kanıt düzeyi yüksek çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: iş sağlığı, işçi sağlığı, iş güvenliği, halk sağlığı, meslek hastalıkları

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF GRADUATE THESES PRODUCED ON OCCUPATIONAL DISEASES IN TURKEY

ABSTRACT

The aim of the study is to examine postgraduate theses on occupational diseases in Turkey. Bibliometric analysis method, one of the qualitative research designs, was used in the study. Data were filtered using the keywords “occupational disease” and “occupational diseases” in the National Thesis Center Database of the Council of Higher Education. The search was conducted by writing “all” in the search terms tab in the keyword database search section, “all” in the field to be searched, and “permissioned” in the permission status tab. No year limitation was applied during the search. Theses whose full texts could not be accessed from the National Thesis Center database of the Council of Higher Education on the date of the search, and which were literature, document, document, archive scans were not included in the review. A total of 49 theses were reached and these theses were examined within the scope of the study. The findings were coded under the titles of publication year, thesis type, main branch, research method, sample group, data collection tools, place of the research, and variables examined. The findings were presented by giving numbers and percentages. It was determined that theses were written between 1990-2023 and gained momentum since 2017, and the most studies were made in 2019 with a rate of 16.32%. It was seen that 79.6% of the theses were master's theses and were produced in the fields of health sciences (57.14%), social sciences (24.50%) and science (18.36%), respectively. Almost half of the theses (40.82%) were descriptive. Although the sample groups consisted of people working in different business lines, it was seen that the most studied sample group was those working in the health sector with a rate of 30.62%. When the distribution of theses by region was examined, the Marmara Region (n: 15 32.60%) was in the first place. In line with these results, it is recommended that more studies be conducted directly on occupational diseases and that more scientific information be produced in different business

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

lines. In addition, it was seen that there is a need for high-level evidence-based studies that develop solution strategies on occupational diseases.

Keywords: occupational health, occupational health, occupational safety, public health, occupational diseases

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) iş sağlığını "tüm mesleklerde çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal refahını en üst düzeyde geliştirmek ve sürdürmek için halk sağlığı alanındaki bir çalışma alanı" olarak tanımlamaktadır.[1] Aynı zamanda DSÖ; Dünya Sağlık Asamblesinde; iş sağlığı konusunda ulusal politika ve eylem planlarının geliştirilmesini, kurumsal kapasitelerin geliştirilmesini, işle ilgili hastalık ve kazaların önlenmesi, iş sağlığı hizmetlerine yönelik temel müdahalelerin kapsamının genişletilmesini, diğer ilgili ulusal sağlık programlarıyla işbirliği içinde çalışmaların yapılmasını tavsiye etmektedir.[1] Bu kapsamda meslek hastalıkları ele alınması gereken önemli bir iş sağlığı ve halk sağlığı sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğunluğu gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere her yıl 12.2 milyon kişi hâlâ aktif çalışma çağındayken bulaşıcı olmayan hastalıklardan öldüğü belirtilmektedir. Yaralanmalar, gürültü, kanserojen maddeler, havadaki parçacıklar ve ergonomik riskler gibi belirli mesleki riskler, kronik mesleki hastalıkların yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır (tüm sırt ağrısı vakalarının %37'si, işitme kaybının %16'sı, kronik obstrüktif vakaların %13'ü akciğer hastalığı, astımın %11'i, yaralanmaların %8'i, akciğer kanserinin %9'u, löseminin %2'si ve depresyonun %8'i).[2] Türkiye'deki ulusal hastalık yükü araştırmaları verilerine göre; 321.868 kas-iskelet sistemi rahatsızlığı, 79.232 ila 95.845 dolaşım sistemi hastalığı, 38.994 ila 56.992 kronik obstrüktif akciğer hastalığı, 14.563 ila 19.858 astım vakası, 29.550 işitme kaybı ve 4.902 ila 16.341 kanser vakasının işle ilgili olduğu tahmin edilmektedir.[3] Tüm bu uluslararası ve ulusal veriler meslek hastalığına ilişkin mevcut sorunların ve beraberinde ortaya çıkabilecek sağlık risklerinin önemini ortaya koymaktadır. Nitekim Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamını temel bir ilke ve iş yerinde hak olarak tanımlamakla birlikte Haziran 2022'de Uluslararası Çalışma Konferansında (ILC), çalışma hayatındaki temel ilkeler ve haklar çerçevesine "güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı" eklenmiştir.[4]

Meslek hastalıklarının önlenmesi, erken tanı ve teşhisi, toplumda farkındalığın artırılması gibi birçok konu ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği alanında çözüm stratejilerinin geliştirebilmesi için ilk adım konu ile ilişkili sorunların ve nedenlerinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu bağlamda iş sağlığı ve meslek hastalıkları ile ilgili literatür oldukça kapsamlıdır.[1,5-7] Bu bilimsel bilgi kaynaklarının arasında lisansüstü tezler, sorunların derinlemesine ele alınması, çözüm önerilerinin getirilmesi ile hem uygulamaya dönük hem de alan yazına yönelik katkılar sağlayan zengin ve kapsamlı bilgi kaynaklarıdır.

Bu çalışma Türkiye'de meslek hastalıkları konusunda gerçekleştirilen lisansüstü tezlerin incelenmesi amacıyla planlanmıştır.

MATERYAL

Çalışmanın Deseni

Çalışmada nitel araştırma desenlerinden bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini meslek hastalıkları konusunu İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dallarında üretilen Yüksek Öğretim Kurumu'nun (YÖK) internet sitesinde yayınlanmış tüm tezler oluşturmuştur. Bu kapsamda 1990 ile 2024 yılları arasında yayınlanan toplam 132 tez, araştırmanın evrenini oluşturmuştur. YÖK tez merkezinde erişim izni olan ve araştırmanın dâhil edilme kriterlerini karşılayan toplam 49 tez çalışması örneklemi oluşturmuştur.

Araştırmaya Dahil Edilme ve Dahil Edilmeme Ölçütleri

Araştırmaya;

- Meslek hastalıkları konusunu kapsayan,
- Örneklem grubu çalışan/işçileri kapsayan,
- YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yazarlar tarafından izinli olarak sisteme girilen ve tam metnine ulaşılabilen tezler incelemeye dâhil edilmiştir.

Araştırmaya;

- Literatür, belge, doküman, arşiv taraması olan tezler dâhil edilmemiştir.

Tarama Stratejisi ve Verilerin Kodlanması

Meslek hastalıkları konusunda üretilen tezler YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanında incelenmiştir. Tez taraması 15 Mart 2024 - 30 Nisan 2024 tarihleri arasında detaylı tarama alanından yapılmıştır. Detaylı tarama bölümünde öncelikle Ana Bilim Dalı olarak "İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı" ve "Disiplinler arası İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı" filtrelenmiştir. Ardından tez adı bölümünde anahtar kelime olarak "meslek hastalığı" ve "meslek hastalıkları" kelimeleri kullanılmıştır. Tarama yapılırken yıl sınırlaması yapılmamıştır.

Değerlendirme Süreci

Elde edilen veriler dokuz kategori altında incelenmiştir. Bu kategoriler; yayın yılı, tezin türü, ana bilim dalı, araştırma yöntemi, örneklem grubunun özelliği, veri toplama araçları, araştırmanın gerçekleştirildiği yer, incelenen değişkenler olarak adlandırılmıştır. Elde edilen veriler Excel formuna kaydedilmiş, sayı ve yüzde ile ifade edilmiştir.

Etik Açıklama

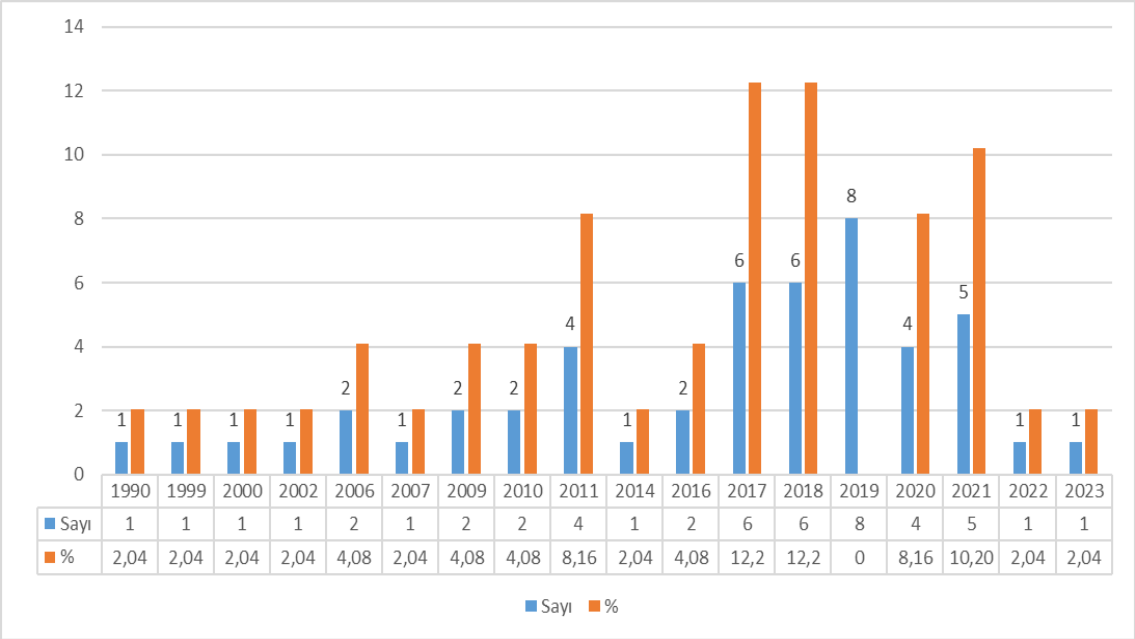
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yüksek Öğretim Kurumu Ulusal Tez merkezindeki tezler kamuya açık ve herkes tarafından erişilebilirdir. Bununla birlikte çalışmaya erişim izni olan tezler alınmıştır. Bu nedenlerden dolayı etik kurul izni alınmamıştır.

BULGULAR

Tezlerin yıllara göre dağılımı göre incelendiğinde 1990 ve 2023 yılları arasında gerçekleştirildiği görülmektedir. Doğrudan işçi sağlığına yönelik meslek hastalıkları konusunda üretilen tezlerin 2017 yılından itibaren ivme kazandığı, en çok çalışmanın %16.32 oranla 2019 yılında gerçekleştirildiği, son iki yılda azaldığı saptanmıştır (Grafik 3.1).

Şekil 3.1. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı (n=49)



Tezlerin türüne göre dağılımları incelendiğinde; sırayla %79.6'sının yüksek lisans tez çalışması, %10.2'sinin doktora, %10.2'sinin tıpta uzmanlık tezi olduğu görülmüştür (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı (n=49)

Tez Türü	**Sayı**	**%**
Yüksek Lisans	39	79.60
Doktora	5	10.20
Tıpta Uzmanlık	5	10.20
Toplam	**49**	**100.0**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tezlerin ana bilim dallarına göre genel olarak dağılımları incelendiğinde; sırayla sağlık bilimleri (%57.14), sosyal bilimler (%24.50) ve fen bilimleri (%18.36) alanlarında üretildiği görülmektedir. Ana bilim dalları özel olarak incelendiğinde ise işçi sağlığına yönelik meslek hastalığı konusundaki tezlerin %18.37 oranla en fazla "İş Sağlığı ve Güvenliği" ana bilim dalında gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte isim farklıkları olsa da aynı oda noktasında olan ve en fazla tezin üretildiği diğer ana bilim dalı da "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğidir. Diğer temel alanlar incelendiğinde ise Sosyal Bilimler alanında en çok tezin Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri (%10.20), Fen Bilimleri alanında ise aynı oranlarda mühendislik ile ilgili ana bilim dallarında üretildiği görülmüştür (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Ana Bilim Dalına Göre Dağılımı (n=49)

Alan	Ana Bilim Dalı	Sayı	%
Sağlık Bilimleri (n=28 %=57.14)	İş Sağlığı ve Güvenliği	9	18.37
	Halk Sağlığı	5	10.20
	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği	5	10.20
	Aile Hekimliği	3	6.13
	Sağlık Yönetimi	2	4.08
	Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı	1	2.04
	Hemşirelik	1	2.04
	Hastane ve Sağlık Kuruluşlarında Yönetim	1	2.04
	Oral Diagnoz ve Radyoloji	1	2.04
Sosyal Bilimler (n=12 %=24.50)	Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri	5	10.20
	İşletme	2	4.08
	İşletme Yönetimi	1	2.04
	Çalışma Ekonomisi	1	2.04
	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	1	2.04
	Güzel Sanatlar Eğitimi	1	2.04
	Sosyal Hizmet	1	2.04
Fen Bilimleri	Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması	1	2.04

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(n=9 %=18.36)	Giyim Endüstrisi ve Giyim Sanatları	1	2.04
	Makine Eğitimi	1	2.04
	Maden Mühendisliği	1	2.04
	Endüstri Mühendisliği	1	2.04
	Enerji Sistemleri Mühendisliği	1	2.04
	Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	1	2.04
	Tarım Makineleri	1	2.04
	Zootekni	1	2.04
	Toplam	**49**	**100.00**

Tezlerde kullanılan araştırma deseni incelendiğinde toplamda on farklı araştırma tipi görülmektedir. Tezlerin neredeyse yarısına yakının (%40.82) tanımlayıcı tipte araştırma deseni kullanılarak gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte tarama modeli (%16.32) ve ilişki arayıcı kesitsel (%26.54) çalışmalarında ilk sıralarda yer aldığı görülmüştür. Deneysel araştırma deseni açısından incelendiğinde yarı deneysel tipte bir tezin olduğu görülmüştür. Nicel araştırma türlerinden farklı olarak %6.12 oranında nitel araştırma deseni kullanıldığı görülmüştür (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Araştırma Desenine Göre Dağılımı (n=49)

Araştırma Deseni/Tipi	**Sayı**	**%**
Tanımlayıcı	20	40.82
Tarama modeli	8	16.32
Tanımlayıcı ve Kesitsel	7	14.30
Kesitsel	6	12.24
Nitel	3	6.12
Vaka-Kontrol	1	2.04
Karma Yöntem (Tanımlayıcı ve Nitel)	1	2.04
Retrospektif	1	2.04
Yarı Deneysel (Tek Grup Ön test-Son test)	1	2.04
Gözlemsel, Tanımlayıcı, Kesitsel tipte	1	2.04
Toplam	**49**	**100.0**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çalışmada, 24 farklı örneklem grubu ile tezlerin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu dağılım incelendiğinde sağlık sektörü çalışanlarının (%30.62) ilk sırada yer aldığı, ardından meslek hastalığı tanısı olan bireylerin (%10.20) ve hazır giyim/tekstil sektöründe çalışanların (%6.13) olduğu görülmektedir. Diğer örneklem gruplarının ise aynı oranda farklı iş kollarında çalışanlardan oluştuğu saptanmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Örneklem Grubunun Özelliğine Göre Dağılımı (n=49)

Örneklem Grubunun Özelliği	Sayı	%
Sağlık Sektörü Çalışanları	15	30.62
Meslek Hastalığı Tanısı ile Tadavi Olan Bireyler	5	10.20
Hazır Giyim/Tekstil Sektöründe Çalışan Yönetici ve/veya İşçiler	3	6.13
Demiryolu işkolunda Yönetici ve Çalışanlar	2	4.08
Kömür Madeninde Farklı Kollarda Çalışan İşçiler	2	4.08
Elektrik Dağıtım Sektöründe Çalışan işçiler	2	4.08
Metal Sektörü Yönetici ve/veya Çalışanları	2	4.08
Üniversite Öğrencileri	2	4.08
Otobüs şoförleri	1	2.04
Kot kumlama işçileri	1	2.04
Hastanede Çalışan Temizlik İşçileri	1	2.04
Termik Santrallerde Çalışan İşçiler	1	2.04
Gemi Söküm Alanında Ofiste ve Diğer İş Kollarında Çalışan İşçiler	1	2.04
Linyit Ocağında Çalışan İşçiler	1	2.04
Hava Savunma Sınıfında Görevli Erler	1	2.04
Karma Yem Üretimi Sektöründe Çalışan İşçiler	1	2.04
Senfoni Orkestrası Sanatçıları	1	2.04
Havacılık Sektörü Yer Hizmetleri Çalışanlar	1	2.04
Mobilya Endüstrisinde Çalışan Ustabaşı ve İşçiler	1	2.04
İnşşat Sektöründe Çalışan İşçiler	1	2.04

Petrol İş Sendikası Üyeleri (Akaryakıt dağıtım , Akü imalatı Boru hattı taşımacılığı , İlaç imalatı , Kauçuk ve plastik, Kimya imalatı, Kompozit imalatı, Petrol ve doğalgaz üretimi işçileri)	1	2.04
Tarım Makinesi İmalat Sektörü Çalışanları	1	2.04
Lojistik Sektöründe Çalışanlar	1	2.04
İş Güvenliği Uzmanı	1	2.04
Toplam	**49**	**100.00**

İncelemeler sonucunda tezlerde veri toplama aracı olarak; anket formu, anamnez, muayene formu, laboratuvar bulguları ölçek olmak üzere farklı araçların kullanıldığı görülmüştür. Bu veri toplama araçlarının bazı çalışmalarda karma bir şekilde de kullanıldığı görülmüştür. Veri toplama araçları olarak ilk üç sırada anket formu (%69.40), anket formu ve yarı yapılandırılmış görüşme formu (%10.20) ve anket formu, anamnez, muayene formu laboratuvar bulguları (%4.08) yer almaktadır. Ölçek kullanımının ise aynı oranlarda olduğu ve kullanılan ölçeklerin arasında; "*Hastanede Çalışan Sağlık Personeli İçin İş Güvenliği Ölçeği", "İş Tatmini Ölçeği", Beck Depresyon Ölçeği", "KOPSOR Psikososyal Risk Ölçeği", "Minnesota Doyum Ölçeği", "Maslach Tükenmişlik Ölçeği"* yer aldığı görülmektedir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımı (n=49)

Veri Toplama Araçları	Sayı	%
Anket Formu	34	69.40
Anket Formu ve Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	5	10.20
Anket Formu, Anamnez, Muayene Formu Labarotuar Bulguları	2	4.08
Anket Formı ve Hastanede çalışan sağlık personeli için iş güvenliği ölçeği	2	4.08
Anket Formu, Meslek Hastalığı Ölçeği, İş Tatmini Ölçeği	1	2.04
Gürültü Seviyesi Ölçümü, İşitme Testi, Toz Ölçümleri	1	2.04
Anket Formu ve Risk Analizi	1	2.04
Anket Formu ve Beck Depresyon Ölçeği	1	2.04
Anket Formu ve KOPSOR Psikososyal Risk ölçeği	1	2.04
Anket formu Minnesota Doyum Ölçeği Maslach Tükenmişlik Ölçeği	1	2.04

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Toplam	**49**	**100**

Meslek hastalıkları konusunda üretilen tezlerin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde sırayla; Marmara Bölgesi (n:15 %32.60), İç Anadolu Bölgesi i (n:12 %:26.08), Ege Bölgesi (n:8 %17.40), Akdeniz Bölgesi (n:5 %10.80) ve Güneydoğu Anadolu, Karadeniz, Doğu Anadolu Bölgesi verilerinin aynı oranlarda olduğu görülmüştür (n:2 %4.35) (Şekil 3.1).

Şekil 3.2. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin Araştırmanın Gerçekleştirildiği Bölgeye Göre Dağılımı (n=46)*



*Taranan tezlerden 1 tanesi Türkiye genelinde farklı illerde, ikisi ise şehir belirtmediği için bu Şekil 2'de belirtilmemiştir

Tezlerde incelenen değişkenlerin eğilimlerine bakıldığında ilk üç sırada; iş Kazaları ve/veya meslek hastalık sıklığı (%18.37), meslek hastalıkları ve/veya iş kazaları konusunda bilgi, farkındalık ve tutum düzeyleri (%18.37), iş kazası ve meslek hastalıkları ile ilişkili etmenler (%8.16) olduğu görülmektedir. Bununla birlikte diğer değişkenlerin meslek hastalıkları ile ilişkili olan, bilgi düzeyi gibi bireysel değişkenlerin, gürültü, toz gibi fiziksel etkenlerin, hukuki süreç, akreditasyon gibi mevzuatla ilgili değişkenlerin olduğu görülmektedir (Tablo 3.6).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tablo 3.6. Meslek Hastalıkları Konusunda Üretilen Tezlerin İncelenen Değişkenlere Göre Dağılımı (n=49)

İncelenen Değişkenler	Sayı	%
İş Kazaları ve/veya Meslek Hastalık Sıklığı	9	18.37
Meslek Hastalıkları ve/veya İş Kazaları Konusunda Bilgi, Farkındalık ve Tutum Düzeyleri	5	10.20
İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İle İlişkili Etmenler	4	8.16
Meslek Hastalıklarına Yaklaşım	2	4.08
Gürültü, Toz, Kimyasallar ve Meslek Hastalığı	1	2.04
İş Doyumu, Tükenmişlik ve Meslek Hastalıkları Arasındaki İlişki	1	2.04
İş Güvenliği ve Meslek Hastalıkları	1	2.04
İş Güvenliği ve Meslek Hastalıklarının Hastane Güvenliği Üzerine Etkileri	1	2.04
İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Konusunda Bilinç Düzeyi	1	2.04
İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Riski	1	2.04
İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları Sıklığı İle İş Sağlığı ve Güvenliği	1	2.04
İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Üretim Ve Kaliteye Etkisi	1	2.04
İş Kazası ve Meslek Hastalığı Geçirenlerde Depresyon, İşe Yabancılaşma Ve Gelecek Beklentisi	1	2.04
İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İle Çalışma Koşulları İlişkisi	1	2.04
İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İle Yorgunluk İlişkisi	1	2.04
İş Kazası ve Meslek Hastalıklarına Neden Olan Psikososyal Etmenler	1	2.04
İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Nedenleri	1	2.04
İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitiminin İş Kazaları Ve Meslek Hastalıkları Farkındalık Düzeyine Etkisi	1	2.04
İş Kazası, Meslek Hastalıkları ve Yasal Önlemler	1	2.04
İş Sağlığı ve İş Güvenliği Bilinci İle Meslek Hastalıklarına Yakalanma Risk Bilgisi	1	2.04

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

İşçilerin Sağlık Durumları ve Meslek Hastalığı Farkındalıkları	1	2.04
Kalite Yönetim Sistemi İle İş Sağlığı ve İşçi Güvenliği Yönetim Sisteminin İş Kazası Ve Meslek Hastalıklarına Etkisi	1	2.04
Madencilikte Toz ve Gürültüye Bağlı Meslek Hastalıkları	1	2.04
Meslek Hastalığı Şüphesi İle Psikososyal Risk Durumları	1	2.04
Meslek Hastalığı Tanısı Almış Kişilerin Tanı Öncesi, Tanı ve Tanı Sonrası Süreçlerdeki Duygu, Düşünce, Gözlem ve Deneyimleri	1	2.04
Meslek Hastalığına Yakalanma Riski İle İş Tatmini Arasındaki İlişki	1	2.04
Meslek Hastalığının Psikososyal Boyutları	1	2.04
Meslek Hastalıkları Konusunda Bilgi Düzeyi ve Etkileyen Faktörler	1	2.04
Meslek Hastalıkları ve Nedenleri	1	2.04
Meslek Hastalıklarının Tıbbi ve Hukuki Süreci	1	2.04
Metal İntoksikasyonları ve Ağız Sağlığı	1	2.04
Silikozis Hastalarının Çalışma Koşulları ve Deneyimleri	1	2.04
Uluslararası Akreditasyon, İş Sağlığı ve İş Güvenliği	1	2.04
Toplam	**49**	**100.00**

TARTIŞMA

Bu proje kapsamında örneklem grubu çalışan/işçileri kapsayan toplam 49 tez incelenmiştir. Bu konuda ilk tezin 1990 yılında ve en çok çalışmanın 2019 yılında üretildiği görülmüştür. Bu tarihsel süreçte 20.06.2012 tarih ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun etkili olabilecek en önemli ulusal gelişmelerden biri sayılabilir. Nitekim kanun, iş sağlığı ve güvenliği konusunda, temel anlayış olarak önleyici sağlık ve güvenlik hizmetleri üzerinde durmuş, risklerin kaynağında yok edilmesini hedeflemiş, işverenlere bu konuda gerekli önlemleri alma sorumluluğu yüklemiştir.[8] Bu yönüyle iş sağlığı ve güvenliği alanında önemli bir yer tutan meslek hastalıklarına ilişkin bilimsel bilginin üretilmesi çözüm stratejileri için temel adımlardan biri olmalıdır. Ancak incelenen tezlere bu yönüyle bakıldığında nicelik olarak sınırlı olduğu düşünülmektedir. Bu sınırlılıklardan bir diğerinin de meslek hastalıkları konusunda üretilen tezlerin türüne ve kullanılan araştırma desenine yansıdığı görülmüştür. Bu çalışmada da tezlerin büyük bir oranının işçilere yönelik meslek hastalıklarına ait sorunları ortaya koyan yüksek lisans düzeyinde ve tanımlayıcı, kesitsel, karma yöntemleri içerdiği görülmektedir. Halk sağlığı açısından bakıldığında sorunların ortaya konması için tanımlayıcı çalışmalar oldukça önemli bir noktadadır. Ancak günümüzde meslek hastalıklarının nedenleri bilinmekle birlikte bu hastalıklar dünya çapında iş kaynaklı ölümlerin büyük oranda nedenidir.[9] Literatürde son yıllarda meslek hastalıklarının; erken tanılanması, önlenmesi ve tedavi edilmesine ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir.[10,11] Bu çalışmada ise incelenen tezlerden sadece bir tezin iş

sağlığı ve güvenliği konusunda farkındalığı artırmak amacıyla yarı deneysel planda tasarlandığı görülmüştür. Bu bağlamda meslek hastalıkları konusunda çözüm stratejilerine yönelik bilimsel bilginin üretilmesine ihtiyaç olduğu söylenebilir.
Tezlerin en çok üretildiği bilim alanları sırayla sağlık, sosyal ve fen bilimleridir. Meslek hastalıklarının birçok disiplinle ilgili olmasıyla birlikte temelde sağlık alanında ele alınan bir konu olması nedeniyle bu bulgunun beklenen bir sonuç olduğu söylenebilir. Nitekim DSÖ İş sağlığını; tüm mesleklerde çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal refahını en üst düzeyde geliştirmek ve sürdürmek için halk sağlığı alanındaki bir çalışma alanı olarak tanımlarken bu alanın; iş sağlığı bilimi ve uygulaması, iş hekimliği, hemşirelik, ergonomi, psikoloji, hijyen, güvenlik ve diğerleri gibi çeşitli disiplinleri alanı olduğunu vurgulamaktadır.[1] Bu çalışmada da; meslek hastalığı konusunun iş sağlığı ve güvenliği, halk sağlığı, tıp, hemşirelik, mühendislik, çalışma ekonomisi gibi farklı ana bilim dallarını kapsayan geniş bir yelpazede ele alındığı görülmüştür.

Bu çalışmada örneklem grubu çalışan/işçileri kapsayan tezler incelenmiştir. Bu örneklem grupları arasında sağlık sektörü çalışanları ilk sırada yer almıştır. Sağlık sektörü dünyada ve ülkemizde en çok istihdam oranlarının olduğu hizmet sektörü arasında başta gelmektedir. Nitekim Türkiye İstatistik Kurumu 2023 yılı verilerine göre istihdam edilenlerin %57.6'sının hizmet sektöründedir.[12] Diğer örneklem grupları incelendiğinde ise çok farklı iş kollarından gruplar seçildiği, bunların arasında yine ülkemiz istihdam alanları ile paralel tarım, tekstil, demiryolu, kömür ocakları işçilerinin olduğu söylenebilir. Örneklem gruplarının arasında senfoni orkestrası sanatçıları, havacılık sektörü çalışanları gibi dikkat çeken iş kollarına ait örneklemlerin çalışıldığı söylenebilir. Örneklem gruplarının geneli için sağlık sektörü dışında, diğer iş kollarına ait örneklemler açısından oldukça sınırlı çalışmaların olduğu söylenebilir.

Tezlerde kullanılan veri toplama araçlarının büyük bir çoğunluğunun araştırmacılar tarafından geliştirilen anket formlarından oluştuğu görülmüştür. Standart bilgi üretiminde önemli bir araç olan ölçeklerin ise daha az kullanıldığı görülmüştür. Meslek hastalıkları konusunda oldukça önemli bir veri aracı olan anamnez, muayene formu laboratuvar bulgularının da daha az oranlarda kullanıldığı görülmüştür. Ölçüm araçlarının farklılığında elbette tezlerin konusu, amacı ve incelenen değişkenlerin belirleyici olduğu söylenebilir. Nitekim bu çalışmada tezlerde incelenen değişkenlerin; iş kazaları ve/veya meslek hastalık sıklığı, meslek hastalıkları ve/veya iş kazaları konusunda bilgi, farkındalık ve tutum düzeyleri, iş kazası ve meslek hastalıkları ile ilişkili etmenler, bilgi düzeyi, gürültü, toz, hukuki süreç, akreditasyon gibi oldukça farklı parametrelerin olduğu görülmüştür. Sonuç olarak önemli bir halk sağlığı konusu olan meslek hastalıklarının farklı meslek gruplarında farklı değişkenlerde incelenmesi o konuya özgü veri aracı kullanımını gerektirdiği söylenebilir.

Tezlerin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde sırayla; Marmara Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu, Karadeniz, Doğu Anadolu Bölgesinde gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durumun istihdam oranlarının, kent nüfuslarının ve sanayi işletmelerinin dağılımı ile ilgili olduğu söylenebilir. TÜİK verilerine göre; en yüksek istihdam oranları Tekirdağ, Edirne, Kırklareli illerinde iken en düşük istihdam oranları Mardin, Batman, Şırnak, Siirt illerindedir.[12] Bir başka rapor da sanayi işletmelerinin sırayla; Marmara, İç

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anadolu, Ege, Akdeniz, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu Bölgesinde yer aldığı belirtilmektedir.[13] Tüm bu veriler ışığında araştırmamızda incelen tezlerin bölgelere dağılımı açısından paralel olduğu söylenebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yapılan incelemeler doğrultusunda; meslek hastalıkları konusunda çalışan/işçileri kapsayan tezlerin 1990 ve 2023 yılları arasında gerçekleştirildiği ve en çok çalışmanın 2019 yılında gerçekleştirildiği, çoğunluğunun yüksek lisans türünde, tanımlayıcı tipte ve sağlık bilim dalında ve Marmara bölgesinde üretildiği görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların meslek hastalıkları konusunda gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalara kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda doğrudan çalışanları kapsayan meslek hastalığı konusunda farklı iş kollarında daha fazla bilimsel bilgi üretilmesi önerilir. Bununla birlikte meslek hastalığına yönelik; çözüm odaklı deneysel çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmüştür. Öte yandan bilgi, farkındalık ve tutum çalışmalarının yanı sıra meslek hastalıklarının önlenmesine yönelik kanıt düzeyi yüksek çalışmalara ihtiyaç olduğu da görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin istihdam alanları açısında ele alındığında tarım, sanayi, inşaat ve hizmet sektörlerinde çalışanlara yönelik çalışmaların sayısının artırılması alan yazına katkı sağlayacaktır.

Son olarak meslek hastalıklarının tıbbi bir tanı olmanın ötesinde, çalışanın, ailesinin ve tüm toplumun sağlığını etkileyen bir halk sağlığı meselesi olduğunu vurgulayan konuyu bütüncül boyutlarıyla ele alan çalışmalara yer verilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. World Health Organization (WHO). Occupational Health. Available from: https://www.who.int/health-topics/occupational-health. Accessed: March 2024.
2. World Health Organization (WHO). Protecting workers health Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers'-health. Accessed: March 2024.
3. Kalaycı D, Alagüney ME, Yıldız AN. The Estimated Number of Occupational Diseases and Work-Related Diseases in Turkey. Acta Medica. 2019;50(3):17-24.
4. International labour Organization (ILO). World Day for Safety and Health at Work 2023. Available from:https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/events-training/events-meetings/safeday2023/lang--en/index.htm. Accessed: March 2024.
5. Çımrın AH, Bahadır H, Kaya İ. Türkiye'de Çalışan Olarak Vasıfsızlık; Meslek Hastalığı Bağlamında İş, İşyeri ve Toplumsal Yaşama Ait Kavrayışlar. Çalışma ve Toplum, 2023;1(76): 183-210.

6. Keshmiri F, Mehrparvar AH. Development of an interprofessional task-based learning program in the field of occupational health: a content validity study. BMC Med Educ. 2023;23(1): 11.
7. Ringen K, Dement J, Welch L, Quinn P. How much have adverse occupational health outcomes among construction workers improved over time? Evidence from 25 years of medical screening. Am J Ind Med. 2023;66(1):18-29.
8. Korkmaz A, Avsallı H. Çalışma hayatında yeni bir dönem: 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği yasası. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Sosyal Bilimler Dergisi. 2012(26): 153-167, 2012.
9. Pega F, Al-Emam R, Cao B, Davis C, Edwards S, Gagliardi D. New global indicator for workers' health: mortality rate from diseases attributable to selected occupational risk factors. Bull. World Health Organ. 2023;101(6), 418–430.
10. Mishra S, Gandhi D, Tiwari RR, Rajasekaran S. Beneficial role of kaempferol and its derivatives from different plant sources on respiratory diseases in experimental models". Inflammopharmacol. 2023; 31: 2311–2336.
11. Zhang H, Han W, Xu Y, Wang Z. Analysis on the development status of coal mine dust disaster prevention technology in China. J. Healthc. Eng., 2021; 1-9.
12. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). İşgücü İstatistikleri. Available from: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-2023 Accessed: March 2024.
13. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü "81 İl Sanayi Durum Raporu 2017". Available from: https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari. Accessed: March 2024.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞU VE STİGMA ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ: ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ VE ÖRÜNTÜLER

Uzm. Buket TAN YAVUZ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
bukettan1997@gmail.com- Orcid: 0000-0002-4809-5366
Uzm. Polen ÇINGILOĞLU
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
polencngoglu@gmail.com, Orcid: 0000-0002-4664-4704
Prof. Dr. Figen GÜRSOY
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı
gursoy.f@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6199-4024

ÖZET

Bu çalışmada otizm spektrum bozukluğunda stigma ile ilgili akademik literatürdeki eğilimleri analiz etmek için bibliyometrik analizden yararlanılmıştır. Belgeler, Web of Science(WoS) veri tabanından sistematik bir şekilde alınmış ve arama stratejisi olarak "autism" OR "autism spectrum disorder" AND "stigma" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Belirlenen anahtar kelimelerin Web of Science (WoS) veri tabanında taratılması ile toplam 965 belgeye ulaşılmıştır. Yayın sayısının zaman içinde eğilimlerinde sürekli olarak bir artış gözlemlenmiştir. Web of Science(WoS) veri tabanında bu çalışmaların yayın yılları en eski 1993 tarihinde; en yeni 2024 tarihinde olduğu görülmektedir. Arama stratejisi kapsamında dahil etme kriterleri ise "İngilizce" ve "makale" türündeki belgeler olarak belirlenmiştir. Dahil tutma kriterleriyle uygulandığında ise elde edilen 807 makale üzerinden analizler yürütülmüştür. Veri analizinde, RStudio programı ve bir R uygulaması olan "biblioshiny" aracı kullanılmıştır. Her makale dergi, yazar, atıf, ülke, anahtar kelimeler ve konular açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, "betimsel analizler", "kavramsal yapı", "entelektüel yapı" ve "sosyal yapı" başlıkları altında analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bu alanda en üretken ülke, yazar, merkez ve dergi gibi analiz sonucundaki bulgulara, uygulamaların en sıcak konuları ve öncü eğilimlere kongrede yer verilecek ve sistematik bir biçimde tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler : otizm, otizm spektrum bozuklukları, stigma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

A BİBLİOMETRİC ANALYSİS OF STİGMA İN AUTİSM SPECTRUM DİSORDER: TRENDS AND PATTERNS İN RESEARCH

Uzm. Buket TAN YAVUZ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
bukettan1997@gmail.com- Orcid: 0000-0002-4809-5366
Uzm. Polen ÇINGILOĞLU
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
polencngoglu@gmail.com, Orcid: 0000-0002-4664-4704
Prof. Dr. Figen GÜRSOY
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı
gursoy.f@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6199-4024

ABSTRACT

In this study, bibliometric analysis was used to analyse trends in the academic literature on stigma in autism spectrum disorder. Documents were systematically retrieved from the Web of Science (WoS) database and the keywords ‘autism’ OR ‘autism spectrum disorder’ AND ‘stigma’ were used as search strategies. A total of 965 documents were reached by searching the identified keywords in the Web of Science (WoS) database. A continuous increase was observed in the trends of the number of publications over time. In the Web of Science (WoS) database, the publication years of these studies are the oldest in 1993 and the newest in 2024. Within the scope of the search strategy, the inclusion criteria were determined as ‘English’ and ‘article’ type documents. When applied with the inclusion criteria, analyses were conducted on 807 articles obtained. RStudio programme and ‘biblioshiny’ tool, an R application, were used in data analysis. Each article was analysed in terms of journal, author, citation, country, keywords and topics. The findings were analysed and evaluated under the headings of ‘descriptive analyses’, ‘conceptual structure’, ‘intellectual structure’ and ‘social structure’. The findings of the analysis, such as the most productive countries, authors, centres and journals in this field, the hottest topics of the applications and the leading trends will be included in the congress and will be discussed systematically.

Keywords: Autism, autism spectrum disorder, stigma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞU VE STİGMA ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ: ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ VE ÖRÜNTÜLER

Uzm. Buket TAN YAVUZ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
bukettan1997@gmail.com- Orcid: 0000-0002-4809-5366
Uzm. Polen ÇINGILOĞLU
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
polencngoglu@gmail.com, Orcid: 0000-0002-4664-4704
Prof. Dr. Figen GÜRSOY
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı
gursoy.f@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6199-4024

ÖZET

Bu çalışmada otizm spektrum bozukluğunda stigma ile ilgili akademik literatürdeki eğilimleri analiz etmek için bibliyometrik analizden yararlanılmıştır. Belgeler, Web of Science(WoS) veri tabanından sistematik bir şekilde alınmış ve arama stratejisi olarak "autism" OR "autism spectrum disorder" AND "stigma" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Belirlenen anahtar kelimelerin Web of Science (WoS) veri tabanında taratılması ile toplam 965 belgeye ulaşılmıştır. Yayın sayısının zaman içinde eğilimlerinde sürekli olarak bir artış gözlemlenmiştir. Web of Science(WoS) veri tabanında bu çalışmaların yayın yılları en eski 1993 tarihinde; en yeni 2024 tarihinde olduğu görülmektedir. Arama stratejisi kapsamında dahil etme kriterleri ise "İngilizce" ve "makale" türündeki belgeler olarak belirlenmiştir. Dahil tutma kriterleriyle uygulandığında ise elde edilen 807 makale üzerinden analizler yürütülmüştür. Veri analizinde, RStudio programı ve bir R uygulaması olan "biblioshiny" aracı kullanılmıştır. Her makale dergi, yazar, atıf, ülke, anahtar kelimeler ve konular açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, "betimsel analizler", "kavramsal yapı", "entelektüel yapı" ve "sosyal yapı" başlıkları altında analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bu alanda en üretken ülke, yazar, merkez ve dergi gibi analiz sonucundaki bulgulara, uygulamaların en sıcak konuları ve öncü eğilimlere kongrede yer verilecek ve sistematik bir biçimde tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler : otizm, otizm spektrum bozuklukları, stigma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

A BİBLİOMETRİC ANALYSİS OF STİGMA İN AUTİSM SPECTRUM DİSORDER: TRENDS AND PATTERNS İN RESEARCH

Uzm. Buket TAN YAVUZ
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
bukettan1997@gmail.com- Orcid: 0000-0002-4809-5366
Uzm. Polen ÇINGILOĞLU
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Doktora Programı Öğrencisi
polencngoglu@gmail.com, Orcid: 0000-0002-4664-4704
Prof. Dr. Figen GÜRSOY
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı
gursoy.f@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6199-4024

ABSTRACT

In this study, bibliometric analysis was used to analyse trends in the academic literature on stigma in autism spectrum disorder. Documents were systematically retrieved from the Web of Science (WoS) database and the keywords 'autism' OR 'autism spectrum disorder' AND 'stigma' were used as search strategies. A total of 965 documents were reached by searching the identified keywords in the Web of Science (WoS) database. A continuous increase was observed in the trends of the number of publications over time. In the Web of Science (WoS) database, the publication years of these studies are the oldest in 1993 and the newest in 2024. Within the scope of the search strategy, the inclusion criteria were determined as 'English' and 'article' type documents. When applied with the inclusion criteria, analyses were conducted on 807 articles obtained. RStudio programme and 'biblioshiny' tool, an R application, were used in data analysis. Each article was analysed in terms of journal, author, citation, country, keywords and topics. The findings were analysed and evaluated under the headings of 'descriptive analyses', 'conceptual structure', 'intellectual structure' and 'social structure'. The findings of the analysis, such as the most productive countries, authors, centres and journals in this field, the hottest topics of the applications and the leading trends will be included in the congress and will be discussed systematically.

Keywords: Autism, autism spectrum disorder, stigma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Nörogelişimsel bir bozukluk olarak sınıflandırılan Otizm Spektrum Bozukluğu(OSB) tanısının temel özellikleri; sınırlı sosyal iletişim ve etkileşim ve stereotipik hareketlerdir(American Psychiatric Association, 2013). Bu belirtiler her bireyde farklı şiddetle ve farklı çeşitlerde görülebilir. Amerikan Psikiyatri Birliği'nin Mental Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı'nda (DSM-5) OSB için 3 düzey belirlemiştir. Bu düzeyler:

Düzey 1: Destek gerektirir.

Düzey 2: Yoğun destek gerektirir

Düzey 3: Çok yoğun destek gerektirir (American Psychiatric Association, 2013)

Ayrıca Mental Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı'nda yer alan tanı kriterleri ise aşağıdaki gibidir:

(A)Sosyal iletişim ve etkileşimde kalıcı eksiklikler ile (B) Sınırlı, Tekrarlayıcı Davranışlar, İlgi Alanları veya Aktiviteler, DSM-5'te OSB'nin değerlendirildiği iki ana grup olmakla birlikte her ana grubun da alt başlıkları bulunmaktadır.

A1: sosyal-duygusal karşılık vermede kısıtlılık,

A2: sözel olmayan iletişim davranışlarında kısıtlılık

A3: akran ilişkisini başlatma veya sürdürmekteki zorluklar

B1: stereotipik veya tekrarlayıcı motor hareketler, konuşma veya nesne kullanımı

B2: aynılıkta ısrar ve rutinlere katı bağlılık

B3: sınırlı ve yoğun ilgi alanları

B4: artmış ya da azalmış duyusal ilgi ya da tepkiler

DSM-5'e göre OSB tanısı için A ölçütlerinin hepsi ve B ölçütlerinin en az ikisi karşılanmış olması gerekmektedir (Amerikan Psikiyatri Birliği 2013). Bu belirtiler genellikle 3 yaşından önce ortaya çıkmaktadır ve belirtilerin klinik olarak önemli bir işlevsellik kaybına neden olması beklenir. Ayrıca diğer nörogelişimsel veya psikiyatrik bozukluklarla açıklanmamalıdır (American Psychiatric Association, 2013).

OSB'nin yaygınlığı ise Hastalıkları Kontrol Etme ve Önleme Merkezi (Center for Disease Control Prevention [CDC]) verilerine bakıldığında kaygı uyandırmıştır; 2020 raporunda her 56 çocuktan birinde görüldüğü bildirilmiş; 2023 yılının mart ayındaki son kitabında ise her 36 çocuktan 1'inde görüldüğü ifade edilmiştir (CDC, 2023).

Erving Goffman, *stigma* kavramını ilk kez 1963 yılında **yayımladığı "Stigma: Notes on the Management of Spoiled Identity"** adlı kitabında tanımlamış; bireylerin toplumsal kabulünü etkileyen, olumsuz bir şekilde "damgalanmış" özelliklere odaklanarak ele almıştır.

Stigma(damgalama) terimi, bir bireyin toplumun beklediğinin dışında özelliklere sahip olması nedeniyle sosyal olarak reddedilmesini ve damgalanmasını ifade eder. Stigma, bireyin sosyal statüsünü ve ilişkilerini doğrudan etkiler ve dışlanmaya, ayrımcılığa sürükleyerek bireyi dezavantajlı duruma sürükler. Literatür incelendiğinde damgalanmanın sosyal damgalanma ve içselleştirilmiş damgalanma olarak iki şekilde ele alındığı görülmüştür. Sosyal damgalanma, toplum tarafından "normalin dışında" varsayılan bireylerin ayrıştırılıp dışlanması olarak belirtilirken, içselleştirilmiş damgalanma ise bu ayrımcılığı bireyin benimsemesidir. OSB ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ise OSB bireylerin ve ailelerin tanının getirmiş olduğu güçlüklerin yanı sıra damgalanma ile ilgili de zorluklar yaşadığı görülmüştür(Uz ve Kaya, 2018; Gray, 1993). Gray (1993) tarafından otizmli çocukların ebeveynleriyle nitel bir çalışma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yürütülmüş ve bu çalışmada otizm spektrum bozukluğuna ilişkin bilgi ve farkındalık eksiği sebebiyle damgalamaya sebep olduğu yorumlanmıştır. Ebeveynlerin çoğu kendilerini damgalanmış olarak algılamış ve annelerde babalara kıyasla daha fazla damgalanmış hissetme eğilimi görülmüştür (Gray, 1993).

Damgalama, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Örneğin Öz vd.(2020) tarafından OSB tanısına sahip çocukların anneleriyle bir çalışmada, annelerin eğitim düzeyi arttıkça içselleştirilmiş damgalama algısının azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada anksiyete ve depresyon düzeyleri de incelenmiş ve damgalanma algısı ile anksiyete ve depresyon belirtileri arasında anlamlı pozitif ilişki gözlemlenmiştir. İçselleştirilmiş damgalanma algısı ve yaşam kalitesi arasında da negatif bir ilişki gözlemlenmiştir (Öz vd., 2020).

2. YÖNTEM

Çalışmanın yöntemi bu bölümde “veri toplama” ve “veri analizi” başlıkları altında ele alınmıştır.

2.1. Veri Toplama

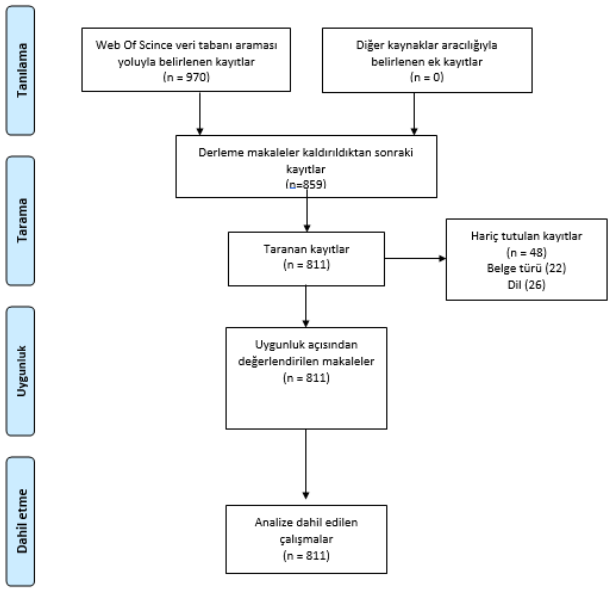
Bu çalışma, "Autism" OR "Autism Spectrum Disorder" AND "Stigma" anahtar kelimeleri kullanılarak bibliyometrik analiz yapmayı amaçlamıştır. Veriler, 2024 yılında Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilmiştir. Tarama sonucunda toplam 970 yayın bulunmuştur. Derleme makaleler (n=111) çalışma kapsamı haricinde tutulmuş; doküman tipi olarak yalnızca "Makale" ve dil olarak "İngilizce" dahil etme kriterleri uygulanmıştır. Bu filtreleme sonrasında toplam 811 belge analiz için uygun bulunmuştur.

2.2. Veri Analizi

Veri seti, R programı üzerinde analiz edilmesi amacıyla "bibliometrix" paketinin Biblioshiny uygulamasına aktarılmıştır. WoS'den indirilen dosyalar, R yazılımına yüklenerek formatlama ve ön işleme süreci tamamlanmıştır. Veri setindeki alanlar, yazar bilgileri, makale başlıkları, anahtar kelimeler, ülkeler ve atıf bilgileri gibi önemli öğeleri içermektedir. Kullanılan R yazılımında, "bibliometrix" ve "Biblioshiny" paketleri hem grafiksel hem de tablosal analizler üretilmiştir. Yayın yılı trendleri, atıf analizleri ve kelime bulutları gibi çıktılar bu yazılımlar yardımıyla elde edilmiştir.

Veri analiz sürecinde elde edilen makalelerin hariç tutma ve dahil etme kriterlerinin daha iyi anlaşılması amacıyla PRISMA akış diyagramı Görsel 1’de sunulmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. PRISMA Akış Diyagramı

3. BULGULAR

Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgular verilmiştir.

Çizelge 1. Betimsel Bulgular

Veri ile İlgili Temel Bilgiler	**Sonuçlar**
Zaman aralığı	1993:2024
Kaynaklar (Dergi, kitap vb.)	341
Belgeler	811
Yıllık büyüme oranı (%)	2,19
Belgelerin ortalama yaşı	3,44
Çalışma başına ortalama atıf	18,75
Referanslar	28430
Çalışma içerikleri	
Yazar anahtar kelimeleri	2999
Yazarlar ve İş birlikleri	
Yazarlar	1005
Tek yazarlı belgelerin yazar sayısı	77
Tek yazarlı çalışma sayısı	79
Çalışma başına düşen yazar sayısı	4,53
Uluslararası yazar iş birlikleri (%)	21,95
Belge Tipi	
Makale	713
Makale; kitap bölümü	17
Makale; erken erişim	78
Makale; bildiri	3

Çizelge 1'de görüldüğü gibi bu çalışmada 1993:2024 yılları arasındaki çalışmalar ele alınmıştır. Toplam 811 belgenin dahil edildiği bu çalışmadaki belgeler 341 kaynaktan elde edilmiştir. Toplam 1005 yazar dahil edilmiş ve yazarlar yaklaşık 3000 anahtar kelime kullanılmıştır. Tek yazarlı belgelerin yazar sayısı 77 iken tek yazarlı çalışma sayısı 79'dur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 2. Yazarlar

Yazar	Makale	Katkı
Gıllespıe-Lynch K	15	2,72
Chan Kks	10	4,08
Pellıcano E	10	1,89
Harrıson Aj	8	1,59
Botha M	7	2,09
Cage E	7	1,74
Hoekstra Ra	7	0,91
Kım Sy	7	1,97
Papadopoulos C	7	1,98
Crane L	6	1,22

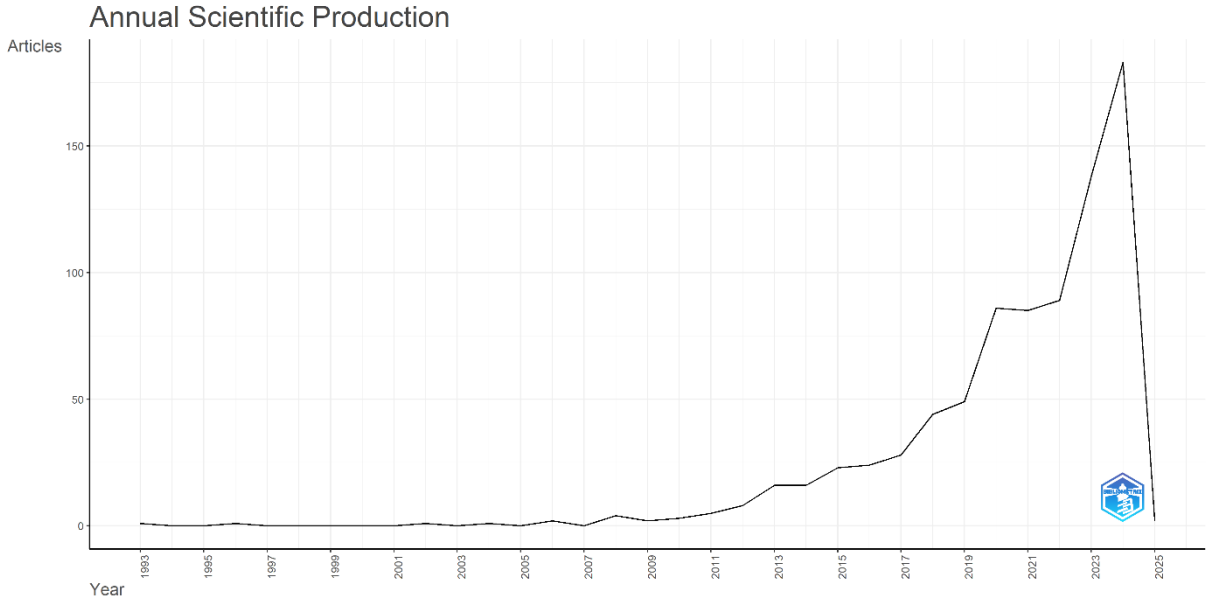
Çizelge 2'de en fazla katkıda bulunan yazarlar görülmektedir. En fazla makale Gillespie-Lynch K. Yazarına ait olsa dahi en fazla katkıda bulunan yazar Chan Kks olarak görülmüştür. Bu durum yazarların iş birliği içerisinde çalışmış olmasından kaynaklıdır.

Çizelge 3. Yazarların Bağlı Olduğu Kuruluşlar

Kuruluş	Makale
Educatıon Unıv Hong Kong	59
Unıv Toronto	32
Kıngs Coll London	27
La Trobe Unıv	23
Unıv Cambrıdge	23
Unıv Penn	23
Cuny Coll Staten Isl	21
Macquarıe Unıv	21
Grad Ctr	19
Unıv Bırmıngham	19

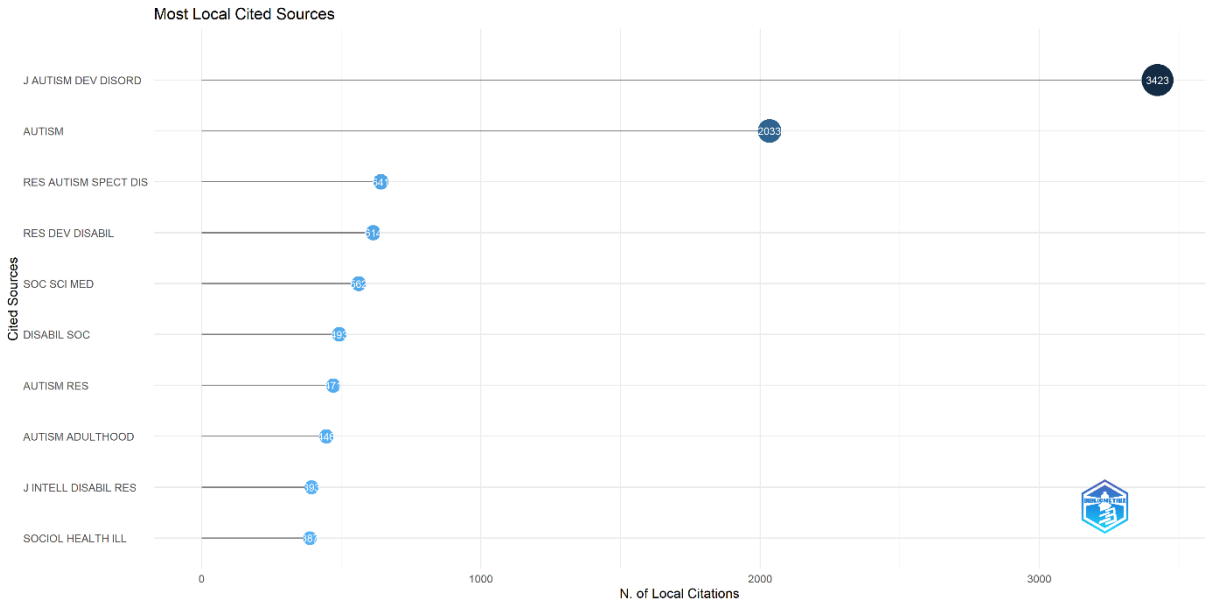
Çizelge 3'te yazarların bağlı olduğu kuruluşlar görülmektedir. En fazla yazarın Educ University Hong Kong'a bağlı olduğu görülmektedir. Bu bulguyu takiben Toronto University ve Kings Coll London gelmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Yayın Yıllarına Göre Dağılım

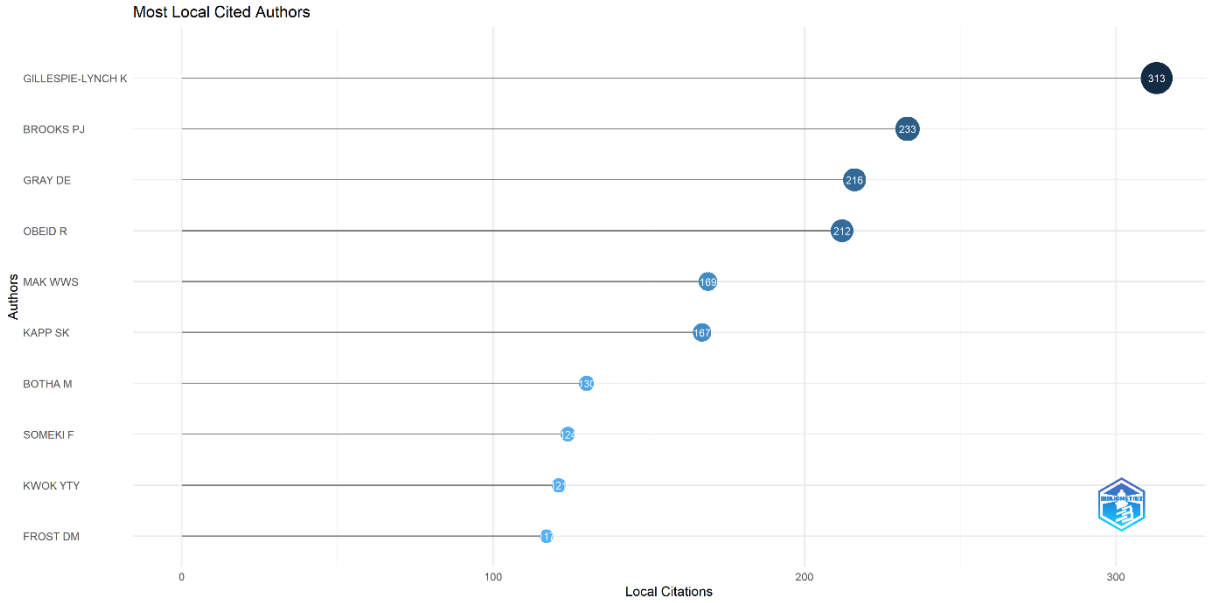
Görsel 2'de incelenen belgelerin yayın yıllarına göre dağılımı verilmiştir. Görsel 2'ye bakılarak 2021 yılından sonra dramatik bir artış olduğu gözlemlenebilir. En fazla yayının ise 2024 yılında elde edildiği görülmüştür.



Görsel 3. En Çok Atıf Alan Dergiler

Görsel 3'te bu çalışma kapsamında seçilen anahtar kelimelerle elde edilen 811 belgeye ait her bir referans listelerinin en etkilileri belirtilmiştir. Görsel 3'e göre referans listeleri içerisinde en sık atıf gösterilen dergi Journal of Autism and Development Disorder olmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. En Çok Atıf Alan Yazarlar

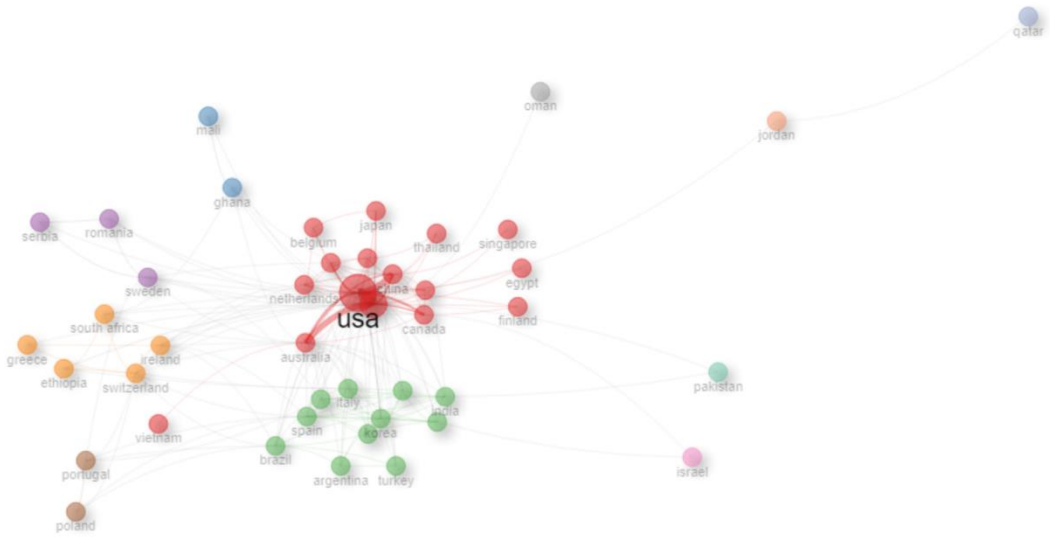
Görsel 4'te, veri setindeki en çok atıf alan yazarlar gösterilmiştir. En çok atıf alan yazar Gillespie Lynch K.'dir. Bu bulguyu takiben Brooks PJ ve Gray De gelmektedir.

Çizelge 4. En Çok Atıf Alan Belgeler

Document	DOI	Year	Local Citations	Global Citations
MAK WWS, 2010, SOC SCI MED	10.1016/j.socscimed.2010.02.023	2010	121	247
GRAY DE, 2002, SOCIOL HEALTH ILL	10.1111/1467-9566.00316	2002	118	333
GRAY DE, 1993, SOCIOL HEALTH ILL	10.1111/1467-9566.ep11343802	1993	98	210
KINNEAR SH, 2016, J AUTISM DEV DISORD	10.1007/s10803-015-2637-9	2016	96	200
GILLESPIE-LYNCH K, 2015, J AUTISM DEV DISORD	10.1007/s10803-015-2422-9	2015	87	211
FARRUGIA D, 2009, SOCIOL HEALTH ILL	10.1111/j.1467-9566.2009.01174.x	2009	66	155
OBEID R, 2015, J AUTISM DEV DISORD	10.1007/s10803-015-2499-1	2015	58	109
BOTHA M, 2022, DISABIL SOC	10.1080/09687599.2020.1822782	2022	58	187
BOTHA M, 2020, SOC MENT HEALTH	10.1177/2156869318804297	2020	56	239
BUTLER RC, 2011, J AUTISM DEV DISORD	10.1007/s10803-010-1093-9	2011	47	91

Çizelge 4'te incelenen belgeler arasında en çok atıf alan yayınlar görülmektedir. Bu çizelgeye göre 2010 yılında yayımlanan "Internalization of stigma for parents of children with autism spectrum disorder in Hong Kong" başlıklı makale belgeler içerisinde toplam "121" atıf almıştır. Küresel olarak en çok atıf gösterilen makale ise Gray De.'nin 2002 yılında yayımlanmış olduğu "Everybody just freezes. Everybody is just embarrassed': felt and enacted stigma among parents of children with high functioning autism" başlıklı makaledir. Tablo 4'te 2022 yılında

yayımlanan Botha M'nin "Autism is me": an investigation of how autistic individuals make sense of autism and stigma" başlıklı makalesinin de yer aldığı görülmektedir. Bu durum, yayın yılı güncel olmasına rağmen incelenen makaleler arasında en çok atıf alan 10 makale içerisine girmesi dolayısıyla bu çalışmanın değerli olduğunu düşündürmüştür.



Görsel 5. Ülkelerarası İş Birliği

Görsel 5'te ülkeler arası iş birlikleri görülmektedir. Görsel 5'te de görüldüğü gibi en merkezi ülke Amerika Birleşik Devletleri'dir. Amerika Birleşik Devletleri'nin düğümünün büyük olması sık çalışma yapmış olmasıyla ilişkilidir. Amerika Birleşik Devletleri'nin iş birliği yaptığı ülkeler ise Çin, Kanada, Avustralya, Belçika, Hollanda gibi ülkeler olarak görülmektedir.

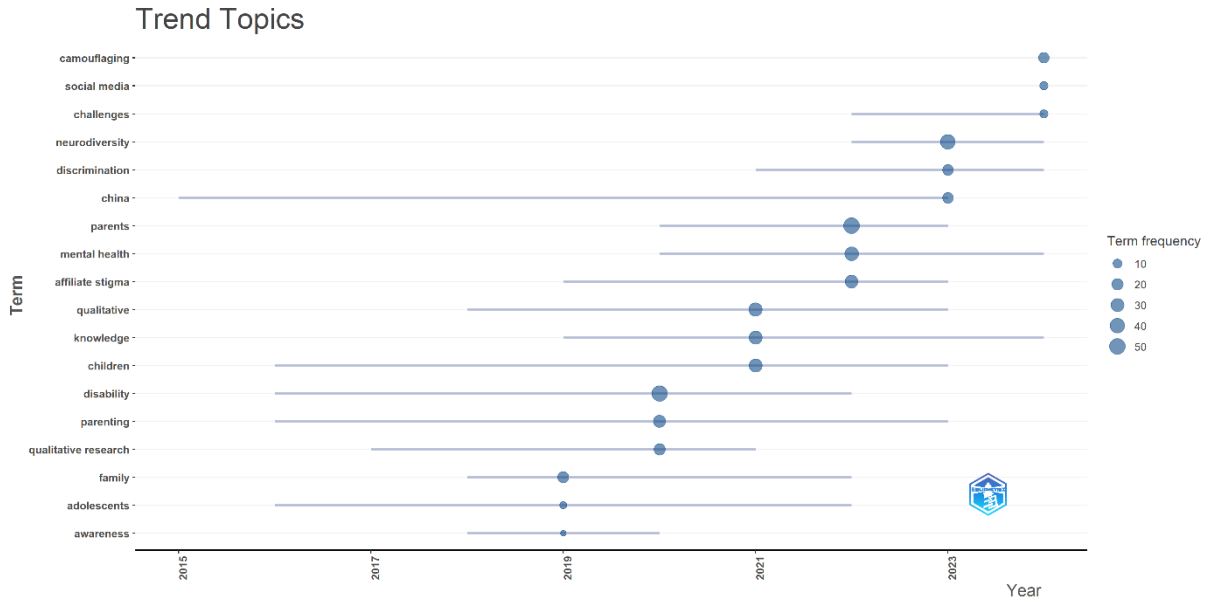
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Yazarların Anahtar Kelimeleriyle İlişkili Kelime Bulutu

Görsel 6'da yazarların kullanmış olduğu en sık kelimelerden oluşan bir kelime bulutu oluşturulmuştur. Kelime bulutu oluşturulurken araştırmacılar tarafından "text editing" yöntemi kullanılmış ve "autism spectrum disorder, autism, autism spectrum, autism spectrum disorders,stigma, spectrum disorder, spectrum disorders, spectrum, asd, autistic" anahtar kelimeleri görmezden gelinmiştir. Bu kapsamda incelenen makalelerde otizm ve stigma dışında vurgu yapılan noktaların gösterilmesi hedeflenmiştir.

Görsel 6'da görüldüğü gibi en sık kullanılan anahtar kelime parents(n:50) olmuştur. Bu bulguyu takiben disability(n:47), neurodiversity(n:40) gelmektedir. Sık kullanılan anahtar kelimeler arasında mental health(n:34), qualitative(32), affiliate stigma(28), knowledge(29) sıralanabilir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 7. En Sık Kullanılan Anahtar Kelimelerin Dağılımı

Görsel 7'de yıllara göre çalışmalarda yazarların kullanmış olduğu anahtar kelimeler görülmektedir. 2019 yılında family kelimesinin ön plana çıktığı görülmektedir. 2020 yılında disability anahtar kelimesi daha sık görülürken 2021 yılında qualilative anahtar kelimesine daha çok yer verildiği görülmüştür. 2022 yılında parents kelimesinin ön plana çıktığı görülmüştür. 2023 yılında challenges, 2024 yılında da social media anahtar kelimesinin ön plana çıktığı görülmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Web of Science(WoS) veri tabanı üzerinden "otizm spektrum bozukluğu" OR "otizm" AND "stigma" anahtar kelimeleri tarih filtrelemesi yapmaksınız taratılmış 341 kaynaktan elde edilen toplam 811 yayına ulaşılmıştır. Kullanılan anahtar kelimelerle ilişkili ilk yayının 1993 yılında olduğu görülmüştür. Elde edilen kaynaklarda toplam 1005 yazar ve 2999 anahtar kelime bulunmaktadır. En çok makalesi olan yazar Gıllespıe-Lynch K iken en çok katkı sağlayan yazarın Chan Kks olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmalarda yazarların iş birliklerine işaret etmektedir. Yazarların bağlı olduğu kuruluşlarla ilgili çizelgede de görüldüğü gibi "Education University of Hong Kong" kuruluşunun ön plandadır. Bu bulguyu takiben "Toronto University" gelmektedir. Makaleler yayın yıllarına göre incelendiğinde ise 2010'lu yıllarda bir yükseliş olduğu görülebilir ancak en fazla yayın 2024 yılında gerçekleşmiştir. Yerel veri setinde en çok atıf alan dergi "Autism and Development Disorder" olarak gözlemlenirken en çok atıf alan yazar "Gillespie Lynch K." Olmuştur. Ülkelerarası yapılan analiz incelendiğinde ise Amerika Birleşik Devletleri'nin önemli bir konumda olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin iş birliği yaptığı ülkeler ise Çin, Kanada, Avustralya, Belçika, Hollanda gibi ülkeler olarak görülmektedir. Çizelgede dikkat çeken bir diğer bulgu da Pakistan, Katar ve Ürdün gibi Ortadoğu Ülkeleri'nin iş birliklerinin az olmasıdır. Otizmle ilgili yürütülen bibliyometrik analiz çalışmaları incelenmiş ve en merkezi konumda olan ülkenin Amerika Birleşik Devletleri olduğu görülmüştür (Lyu ve ark.,2024; Feng ve ark., 2022). Amerika Birleşik Devletleri'nin bilimsel araştırıma konusunda ön planda olması Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH)'ne ev sahipli yapmasıyla açıklanabilir (National Institutes of Health [NIH], 2024).

Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa ülkelerinde otizmle ilgili çalışmalar için gelişmiş üniversiteler ve araştırma enstitüleri bulunmakla birlikte uygulamalar üzerine araştırmalar için geniş bir finansal destek yelpazesi bulunmakta ve yasalar kapsamında desteklenmektedir (Tomris ve Çelik, 2022) Düşük ve orta gelirli ülkelerde otizm araştırmalarının desteklenmesi ve iş birliklerinin sağlanması literatürdeki bu dengesizliklerin giderilmesine katkı sağlayabilir (Durkin vd., 2015).

Kelime analizlerine bakıldığında ise en sık kullanılan anahtar kelimelerin aile, nöroçeşitlilik, engel, ruh sağlığı ve nitel kelimeleri olduğu görülmüştür. Literatür incelendiğinde, otizm ve damgalama üzerine annelerin algıladıkları damgalama üzerine çalışmalara yer verildiği görülmektedir. Gray(1993)'in çalışmasına göre OSB çocuğu olan annelerin, babalarına kıyasla daha fazla damgalama algıladıkları bildirilmiştir.

Ayrıca yine literatür incelendiğinde, damgalamanın ruh sağlığı üzerinde etkili olduğu ve psikolojik destek almaya yönelik tutumları da etkilediği belirtilmiştir(Akt., Gürsoy ve Gizir, 2018). OSB tanısı alan çocukların annelerinde görülen depresyon-anksiyete belirtileri ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

damgalanma algıları incelenmiş ve içselleştirilmiş damgalanma algısı ile anksiyete ve depresyon belirtileri arasında anlamlı pozitif ilişki gözlemlenmiştir (Öz vd., 2020).

.

KAYNAKÇA

Gray, D. E. (1993). Perceptions of stigma: The parents of autistic children. *Sociology of Health & Illness, 15*(1), 102-120.

Öz, B., Yüksel, T., & Nasiroğlu, S. (2020). Otizm spektrum bozukluğu tanısı alan çocukların annelerinde görülen depresyon-anksiyete belirtileri ve damgalanma algısı. *Noro-Psikyatri Arsivi, 57*(1), 50-55.

Uz, S., & Kaya, K. (2018). Otizmli Çocuklara ve Ailelerine Yönelik Damgalama. Journal of History Culture and Art Research, 7(1), 663-683. doi:http://dx.doi.org/10.7596/taksad.v7i1.1411

Gürsoy, O., & Gizir, C. A. (2018). Üniversite öğrencilerinin psikolojik yardım almaya yönelik tutumları: Sosyal damgalanma, kendini damgalama, öznel sıkıntıları açma, benlik saygısı ve cinsiyetin rolü. *Turkish Psychological Counseling and Guidance Journal*, *8*(49), 137-155.

Tomris, G., & Çelik, S. (2022). Erken Çocukluk Özel Eğitimi: Kuramsal ve Yasal Temeller, Dünya'daki ve Türkiye'deki Son Eğilimler. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri

Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 23(1), 243-269. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.748893

Durkin, M. S., Elsabbagh, M., Barbaro, J., Gladstone, M., et al. (2015). *Autism screening and diagnosis in low resource settings.* Pediatrics.

Lyu, K., Li, J., Chen, M., Li, W., Zhang, W., Hu, M., ... & Feng, X. (2024). A bibliometric analysis of autism spectrum disorder signaling pathways research in the past decade. Frontiers in Psychiatry, 15, 1304916.

Feng, X. W., Hadizadeh, M., & Cheong, J. P. G. (2022). Global trends in physical-activity research of autism: Bibliometric analysis based on the web of science database (1980–2021). International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(12), 7278.

National Institutes of Health. (2024). *Understanding autism spectrum disorder*. https://www.nih.gov/autism-spectrum-disorder

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). American Psychiatric Publishing.

Centers for Disease Control and Prevention. (2023). Data & statistics on autism spectrum disorder. https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FİZYONOMİ VE RUHSAL BOZUKLUKLAR: YÜZ İFADELERİNİN PSİKOLOJİK DURUMLARI BELİRLEME SÜRECİNDEKİ ROLÜ VE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİ

Arş. Gör. Dr. Elif Güzide EMİRZA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
guzzide@hotmail.com - 0000-0003-3652-2428

Arş. Gör. Dr. Kübra GÜLIRMAK GÜLER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
k_1058_g@hotmail.com - 0000-0003-4450-3737

ÖZET

Bu derlemenin amacı, fizyonomi ve ruhsal bozukluklar arasındaki ilişkiyi inceleyerek, yüz ifadelerinin psikolojik durumları belirlemedeki rolü ve psikiyatri hemşireliği ile ilişkisini ele almaktır. Fizyonomi, bireylerin yüz ifadelerinin ve vücut dilinin duygusal ve zihinsel halleri yansıttığı bir bilim dalıdır. İnsan yüzü, duygusal durumları dışa vuran ve sosyal etkileşimlerde önemli bir araç olan bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Yüz, bir insanın karakterinin ve iç dünyasının izlerini taşır. Bir kişinin yüzüne bakarak, onun kişiliği ve duygusal durumu hakkında önemli ipuçları edinmek mümkün olabilmektedir. Yüz ifadeleri, ruhsal bozuklukların tanısal süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır, çünkü yüz kaslarının hareketleri ve mimikler, duygusal bozuklukların belirgin işaretleri olabilmektedir. Bireylerin karakter özelliklerini de ortaya koyabilen fizyonomi aynı zamanda depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk, kişilik bozuklukları gibi yaygın ruhsal hastalıkların da, bireylerin yüz ifadelerine yansımalarını incelemektedir. Bu ifadeler, duygusal durumların daha objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlar. Yüz ifadelerinin doğru analiz edilmesi, psikolojik bozuklukların erken tespiti ve tedavi süreçlerinin iyileştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, yüz ifadelerinin değerlendirilmesi, sadece klinik tanıda değil, aynı zamanda tedavi sürecinin izlenmesinde de fayda sağlayabilmektedir. Fizyonomi, hem geniş ırksal ve kimlik sınıflandırmalarını tanımlamak hem de klinik bağlamda ruhsal bozuklukları teşhis etmek için kullanılan bir yöntem olmuştur. Böylelikle profesyonellere, çeşitli alanlarda ve ruhsal sorunları tanımlamada etkili bir araç sağlayabilmektedir. Sonuç olarak, fizyonomi ilmi yüz ifadelerinin ruhsal bozuklukların anlaşılması ve tedavisindeki değerini vurgulamakta ve fizyonominin psikolojik alandaki rolüne dair önemli bir perspektif sunmaktadır. Ayrıca, psikiyatri profesyonellerinden olan adli psikiyatri hemşireliğinde, hasta bakımında fizyonomiden faydalanmak iyileşmeyi değerlendirme de yenilikçi yaklaşımlardan olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Fizyonomi, ruhsal hastalıklar, yüz ifadesi, psikoloji, adli psikiyatri hemşireliği

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PHYSIOGNOMY AND MENTAL DISORDERS: THE ROLE OF FACIAL EXPRESSIONS IN THE PROCESS OF IDENTIFYING PSYCHOLOGICAL STATES AND PSYCHIATRIC NURSING

Res. Asst. Dr. Elif Güzide EMİRZA
Ondokuz Mayıs University,
guzzide@hotmail.com - 0000-0003-3652-2428

Res. Asst. Dr. Kübra GÜLIRMAK GÜLER
Ondokuz Mayıs University,
k_1058_g@hotmail.com - 0000-0003-4450-3737

ABSTRACT

The aim of this review is to examine the relationship between physiognomy and mental disorders, the role of facial expressions in determining psychological states and their relationship with psychiatric nursing. Physiognomy is a branch of science in which facial expressions and body language of individuals reflect emotional and mental states. The human face is recognised as an indicator that expresses emotional states and is an important tool in social interactions. The face bears the traces of a person's character and inner world. By looking at a person's face, it is possible to get important clues about his/her personality and emotional state. Facial expressions play an important role in the diagnostic processes of mental disorders, because facial muscle movements and facial expressions can be obvious signs of emotional disorders. Physiognomy, which can also reveal the character traits of individuals, also examines the reflections of common mental illnesses such as depression, anxiety, bipolar disorder, personality disorders on the facial expressions of individuals. These expressions allow a more objective assessment of emotional states. Accurate analysis of facial expressions is critical for early detection of psychological disorders and improvement of treatment processes. Moreover, the evaluation of facial expressions can be useful not only in clinical diagnosis but also in monitoring the treatment process. Physiognomy has been used both to define broad racial and identity classifications and to diagnose mental disorders in a clinical context. As such, it can provide professionals with an effective tool for identifying mental problems in a variety of fields. In conclusion, the science of physiognomy emphasises the value of facial expressions in the understanding and treatment of mental disorders and provides an important perspective on the role of physiognomy in the psychological field. In addition, in forensic psychiatry nursing, which is one of the psychiatry professionals, utilising physiognomy in patient care may be one of the innovative approaches in evaluating recovery.

Keywords: Physiognomy, mental disorders, facial expression, psychology, forensic psychiatry nursing

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Fizyonomi, insanların yüz ifadelerinden hareketle psikolojik durumlarını veya kişilik özelliklerini anlamaya yönelik bir inceleme alanıdır. Tarihsel olarak, insanların dış görünüşlerinden ve özellikle yüz ifadelerinden içsel durumlarını okumaya yönelik birçok teori ve hipotez geliştirilmiştir. Yüz, duygusal ve psikolojik durumların en belirgin yansımasını gösterdiği düşünülen vücut parçasıdır ve bu nedenle fizyonomi, ruhsal bozuklukların tanınmasında ve anlaşılmasında önemli bir araç olarak kabul edilmektedir (Ekman, 1999).

Fizyonominin ruhsal bozukluklar alanında nasıl işlediği ve yüz ifadelerinin bu bozuklukların belirlenmesindeki rolü, psikoloji ve psikiyatri disiplinlerinin birleşim noktalarından birini oluşturmaktadır. Son yıllarda, özellikle yüz ifadelerinin analizine dayalı bilimsel araştırmalar artmış ve bu alandaki bulgular, ruhsal sağlık durumlarının değerlendirilmesinde yeni bir perspektif sunmuştur (Ekman, 1999; McNeill, 2000). Bu derlemede, fizyonominin ruhsal bozuklukların tanı ve tedavisindeki rolü, yüz ifadelerinin psikolojik durumları belirlemedeki katkıları ve psikiyatri hemşireliğinin rolü üzerine kapsamlı bir inceleme yapılmıştır.

2. FİZYONOMİ

Eski Çin, Mısır ve Yunan medeniyetleri kadar uzun zaman önce bile insanlar yüz morfolojik özellikleri ile bireyin kişilik özellikleri arasında bir ilişki kurmaya çalışmışlardır (McNeill, 2000). Modern psikolojik çalışmalar, insanların başkalarını dış görünüşlerine göre değerlendirme eğiliminde olduklarını ve daha sonra bu ilk izlenimlere dayanarak onlarla etkileşime geçtiklerini ortaya koymuştur. Günümüzde, yüzlerin insanların diğer insanlarla ilgili günlük değerlendirmelerinde merkezi bir rol oynadığı iyi bir şekilde tespit edilmiştir (Todorov ve ark., 2008).

Yüz değerlendirmesi, yüzdeki ipuçlarını değerlendirme süreci boyunca evrimleşen bir insan mekanizmasıdır. İlk izlenimlerin ardından tanımlayıcı bir gerçek olduğuna inanılmaktadır. İnsanların yüz hatlarından en az dört kişilik özelliği (Uyumluluk, Vicdanlılık, Dışadönüklük ve Baskınlık) için geçerli çıkarımlar yapabildiği gösterilmiştir (Kramer, 2011; Wolffhechel, 2014; Qin ve ark., 2016). Wolffhechel ve arkadaşları, kişilerin kendi bildirdikleri kişilik özellikleri ile ilk izlenimleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bazı kişilik özelliklerinin yüzlerden belli bir dereceye kadar tahmin edilebileceğini bulmuştur. Bu araştırmanın sonuçları, insanların yüzlerine bakarak erkeklerin zekası ve kişilik özelliklerini doğru bir şekilde değerlendirebildiğini göstermiştir.

2.1.Fizyonominin Tarihsel Gelişimi

Fizyonomi, vücut dili, yüz ifadeleri, el ve ayak gibi dışsal görünüm unsurlarına bakarak bir kişinin karakteri ve psikolojik durumu hakkında çıkarımlar yapmaya yönelik bir disiplindir. Bu yaklaşım, tarih boyunca Çin, Hindistan, Mısır ve Yunan gibi eski medeniyetler tarafından, kişilik analizi ve karakter tespiti için kullanılmıştır. Antik Çin'den Antik Yunan'a, hatta günümüze kadar devam eden bir uygulama olan yüz okuma sanatı, hem doğuda hem de batıda geniş bir geçmişe sahiptir (Qin ve ark., 2016; Abuagla, 2021). Batıda "fizyonomi" olarak

bilinen bu ilim, İslam dünyasında "kıyafetname" ya da "firaset ilmi" olarak adlandırılmaktadır (Abuagla, 2021).

Fizyonomi, İslam dünyasında zaman içinde farklı şekillerde ele alınmıştır. İslam alimleri bu alanda farklı görüşlere sahip olup, bazılarının fizyonomiye şüpheyle yaklaştığı, bazılarınca ise doğru bir bilgi kaynağı olarak kabul edildiği görülmektedir. Balizâde Mustafa Efendi, kıyafetnamenin güvenilirliğini sorgulayarak, bu bilginin sadece bir zan olduğunu belirtmiştir. Ancak bazı alimler, fizyonomiyi insan karakterini anlamada geçerli bir yöntem olarak değerlendirmiştir (Abuagla, 2021; Ünsal, 2023). İslam dininde, özellikle evlenme aşamasındaki bireylerin, karşılarındaki kişiyi anlamak için yüz ve el bakışlarının önerilmesi, bu bilimin önemini vurgular. Çünkü yüz ve eller, bir kişinin karakterini yansıtan önemli ipuçları içerir ve bu gözlemler, insanların birbirlerini tanımada başvurdukları doğal bir yöntemdir (Beveridge, 2018).

Osmanlı İmparatorluğu'nda, devşirme sistemi ve Enderun'a alınacak kişilerin seçiminde fizyonomi önemli bir rol oynamıştır. Ayrıca, üstün yetenekli çocukların seçilmesinde ve saray içindeki elemanların belirlenmesinde bu ilimden faydalanılmıştır. Bu gelenek, Osmanlı'da sadece saray ve devlet işleriyle sınırlı kalmayıp, toplumun farklı katmanlarında da uygulanmıştır (Arslan, 2020). Aynı şekilde, eski İran kültüründe de kıyafetname uygulamaları kullanılmış, Sasani İmparatoru Nuşirevan'ın bu bilime başvurmuş olduğu bilinmektedir (Abuagla, 2021).

Fizyonomi, sadece eski Doğu kültürlerinde değil, Ortaçağ Avrupa'sında da etkili olmuştur. Krallar, saraylarında bu alanda yazılmış eserlere başvurmuş, kilisenin karşı çıkmasına rağmen fizyonomi bilgisini kullanmışlardır. Yunanlı hekim Hipokrat da fizyonomiyi, hastalıkların tanısı ve tedavisinde kullanmış, karakter analizi için vücutta bulunan dört temel sıvının (kan, balgam, safra ve sevda veya kara safra) rolünden bahsetmiştir (Beveridge, 2018). Aynı şekilde, ünlü filozof Aristo ve diğer düşünürler de fizyonomiyi, insanların ruhsal durumları ve karakterleri üzerine gözlemler yapmada bir yöntem olarak kullanmışlardır (Qin ve ark., 2016; Abuagla, 2021).

Günümüzde fizyonomi, psikoloji, sağlık, iş dünyası ve hukuk gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle psikolojik değerlendirmelerde, iş mülakatlarında ve hukuki süreçlerde, bireylerin yüz ifadeleri ve vücut dillerinden karakter analizi yapılmaktadır. Batıda, fizyonomi üzerine yazılmış çok sayıda akademik eser ve araştırma bulunmakta, bu alanda kullanılan yöntemler günümüzün farklı disiplinlerinde de uygulanmaktadır (Ekman, 1999; McNeill, 2000; Qin ve ark., 2016; Abuagla, 2021).

2.2.Fizyonominin Temel İlkeleri

Fizyonomi, insanın dış yüzeyinden, özellikle yüz ifadelerinden yola çıkarak duygusal ve zihinsel durumları anlama çabasıdır. Yüz, insanın en duygusal ifadesi olarak kabul edilen bir organ olup, içsel durumların en açık dışa vurumunu sergiler. Fizyonomi, tarihsel olarak, bir kişinin karakteri ve ruhsal durumu hakkında bilgi edinmeye yönelik çeşitli teoriler geliştirmiştir (Qin ve ark., 2016; Abuagla, 2021). Bu teorilerin en bilinenlerinden biri, Antik Yunan'da Aristoteles tarafından yapılan yüz ifadeleriyle ilgili analizlerdir (Qin ve ark., 2016).

Modern psikoloji ve nörobilim alanındaki gelişmelerle birlikte, fizyonominin temelleri daha bilimsel bir zemine oturmuş ve yüz ifadelerinin biyolojik ve psikolojik temelleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

keşfedilmiştir. Yüz ifadelerinin, duygusal durumları belirlemedeki rolü, Darwin'in duygusal ifadelerin evrimsel temelleri üzerine yaptığı çalışmalarla büyük bir ivme kazanmıştır. Darwin, duyguların evrimsel olarak iletişim amacı taşıyan davranışlar olduğuna ve yüz ifadelerinin bu duyguların açık bir yansıması olduğuna dikkat çekmektedir (Ekmekçi, 2018). Yüzdeki kas hareketleri, genellikle bilinçli olarak kontrol edilemeyen ve spontan bir şekilde meydana gelir. Bu, yüz ifadelerinin kişilerin duygusal ve psikolojik durumları hakkında doğru ve güvenilir bilgiler sunduğunu gösterebilmektedir (Arslan, 2020).

2.3.Yüz Şekilleri ve Karakter Özellikleri

Fizyonomi ilmine göre yüz şekillerinin bazı karakter özellikleri hakkında bilgi verebileceği öne sürülmektedir (Ekman, 1999; McNeill, 2000; Qin ve ark., 2016; Arslan, 2020). Örnek olarak;

Yuvarlak yüz şekline sahip kişiler genellikle nazik, zarif ve duyarlı bir kişiliğe sahiptir. Sakin ve muhafazakar bir yapıları vardır. Adaptasyon yetenekleri oldukça yüksektir, çevrelerinde sempatik ve sevilen kişilerdir. Geniş bir arkadaş çevresine sahip olup, fedakarlık yapmayı ve başkalarına yardımcı olmayı severler. Yemek konusunda tutkuludurlar ve kilo almaya yatkın olabilirler. Neşeli bir kişilikleri vardır, insanlarla kolayca iletişim kurarlar (Oommen & Oommen, 2003, Demir, 2015).

Dikdörtgen yüzlü kişiler ise yaşamlarına adanmış ve çalışkan bir kişiliktedirler. Pratik ve kararlarında genellikle doğruyu bulurlar. Dış görünüşlerine özen gösterirler. Zaman zaman ani öfke nöbetleri yaşayabilirler (Swain, 2007). Düzenli ve planlı bir yaşam tarzını tercih ederler. Mantıklı düşünmeyi, duygularından çok akıllarını kullanmayı tercih ederler. Yalnız kalmayı ve derin düşünmeyi severler. Hırslıdırlar ve iş hayatında başarıya odaklanmışlardır. Çoğunlukla atletik bir vücut yapısına sahip olabilirler ve bazen narsist özellikler gösterebilirler (Oommen & Oommen, 2003, Demir, 2015). Takım çalışmasından çok, kendi işlerini kurup yönetmeyi tercih ederler. Doğuştan liderlik özellikleri taşırlar (Swain, 2007).

Kare yüzlü kişiler araştırmayı ve keşfetmeyi seven, meraklı bir kişiliğe sahiptir. Seyahat etmeyi, yeni yerler keşfetmeyi çok severler. Keskin bir zekaya ve entelektüel bir yapıya sahip olup, uzun süreli işlerde yüksek dayanıklılığa sahiptirler. Girişken kişilerdir ve her zaman yeni fırsatlar ararlar. Sahiplenici, bazen kıskanç ve agresif bir tavır sergileyebilirler (Oommen & Oommen, 2003, Swain, 2007; Demir, 2015).

Kalp şeklinde bir yüze sahip kişiler ise olayları kontrol etmekten hoşlanırlar. Detaycı ve işlerinde kaliteye büyük önem verirler. Hedeflerine kilitlenmiş bir şekilde yüksek performans gösterirler. Güçlü sezgileri ve yaratıcı düşünce tarzları vardır. İletişim becerileri oldukça gelişmiştir ve iyi bir konuşmacı olabilirler (Oommen & Oommen, 2003, Swain, 2007).

3. FİZYONOMİ VE RUHSAL BOZUKLUKLAR

Fizyonomi ilmi ruhsal bozukluğu olan bireyler için de kullanılmaya başlanmıştır. Psikiyatrinin gelişimi ile birlikte Philippe Pinel'in ruh sağlığı alanında dönüm noktası olan yaklaşımı sonrası, insan davranışlarını anlamaya, tanımlamaya ve Pinel'in (1806) "anlama fonksiyonlarında meydana gelen bozulma" olarak tanımladığı ruhsal hastalıkları belirlemeye yönelik çabalar da artış göstermiştir. Bu çabalar, öncelikli olarak hastalıkların

sınıflandırılmasına yönelik girişimler olmuştur (Arslan, 2020). Duyguların "dolaysız ölçme araçlarıyla ölçülebilmesinin" mümkün olmaması sebebiyle, ruhsal hastalıkları sınıflandırmada öncelikle bireylerin ruhsal durumlarını anlayabilmek için bir gösterene ihtiyaç duyulmuştur. Bunu gösteren de; kişinin yaşantıladığı duyguları, görünümünde değişikliklere yol açarak belirten yüz ifadesi olmuştur (Candansayar & Coşar, 2001). Bu doğrultuda psikiyatri alanındaki profesyoneller, ruhsal hastalıkların sınıflandırılmasında; dönemin popüler fizyonomi yaklaşımından da etkilenerek ruh sağlığı bozukluğu olan kişilerin yüz ifadelerini gözlemlemiş ve bu gözlemlerini sanatçılara resmettirmişlerdir. Böylece ruh hastalıkları semptomları (belirtileri) kayıt altına alınmış ve görsel olarak kategorize edilmiştir (Arslan, 2020). Ruhsal hastalıkları tanımlama ve sınıflandırma amaçlı tıbbi illüstrasyonlardan sonra, fotoğrafın keşfi ile resmin yerini fotografik görüntüler almıştır. Fotoğrafı tanısal ve tıbbi amaçlarla sistematik olarak psikiyatride kullanan ilk kişi olan Hugh Welch Diamond, "psikiyatri fotoğrafçılığının babası" olarak bu alanın öncüsü kabul edilmiştir (Candansayar & Coşar, 2001; Arslan, 2020).

19. yüzyılın başlarında, ruhsal bozukluğu olan kişilerin fiziksel görünümlerinin ruhsal durumlarıyla bağlantılı olduğu inancı geniş bir şekilde kabul görmüştür. Bu görüş, fizyonominin (physiognomy) 19. yüzyılda tekrar popülerlik kazanmasının temel sebeplerindendir. Fizyonomi, bir kişinin dış görünüşünün, onun karakterini, içgüdülerini ve davranışlarını yansıttığı fikrine dayanır (Hartley, 2001). Bu bakış açısına göre, insan ruhu, kişinin dış görünüşüne ve davranışlarına yansır. O dönemde fizyonomi, özellikle yüz ifadelerine yoğunlaşmakla birlikte, bedensel işaretlerin de insan davranışlarını dışa vurduğuna inananlar vardı (Arslan, 2020). Fizyonomi anlayışı, Antik Yunan'dan Çin'e kadar pek çok medeniyet tarafından benimsenmiştir. 18. ve 19. yüzyılda ise, Aydınlanma düşüncesinin görme duyusuna verdiği önem ve estetik anlayışındaki önemli ilerlemelerle fizyonomi yeniden ilgi görmüştür (Yumul, 2012). Bu etkileşim, tıp alanındaki hekimlerin hastalıkları sınıflandırırken, hastaların yüz ifadeleri ve beden dilini dikkate almalarına yol açmıştır. 19. yüzyılda psikiyatri, zihnin görünmeyen hareketlerini bedenin dışa vurduğu işaretlerle yorumlamaya başlamıştır (Rutanen, 2015).

Fizyonomi anlayışından etkilenen bilim insanları, bireylerin düşünce, duygu ve karakterlerini, dış görünümlerinden çıkarabileceklerini savunmuşlardır. Bu düşünceden hareketle, insanların yüz ifadeleri ve beden hareketlerinden elde edilen fizyolojik belirtilerle, ruhsal hastalıkların tanımlanmasına dair somut veriler elde etmek için görsel kayıtlar tutulmuştur. Bu amaçla ilk olarak, hastaların portrelerinin çizilmesi için ressamlar görevlendirilmiştir (Arslan, 2020).

3.1.Yüz İfadelerinin Psikolojik Durumları Belirlemedeki Rolü

Yüz ifadeleri, kişinin içsel durumunu dışa vurmasının bir yolu olarak çeşitli psikolojik tepkileri yansıtır. Yüzdeki kasların gerilmesi, gülümseme, kaş çatma, gözlerin büyümesi ya da küçülmesi gibi ifadeler, çeşitli psikolojik durumların izlerini taşır. Paul Ekman'ın yaptığı çalışmalar, yüz ifadelerinin evrensel duygusal durumları belirlemede ne kadar etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ekman'a göre, sevgi, korku, öfke, üzüntü, şaşkınlık ve tiksinme gibi temel duygular, yüz ifadeleriyle açıkça anlaşılabilir ve evrensel olarak benzer şekilde ifade edilir (Ekman, 1999).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yüz ifadelerinin psikolojik durumlarla ilişkisi, sadece duygusal durumları değil, aynı zamanda kişinin psikolojik sağlığı hakkında da bilgi verebilmektedir. Örneğin, depresyon, anksiyete bozuklukları ve psikoz gibi ruhsal bozukluklar, genellikle karakteristik yüz ifadeleriyle ilişkilidir (Arslan, 2020). Depresyon, yüz ifadelerinde genellikle donukluk, düşük enerji ve mutsuzlukla kendini gösterirken, anksiyete bozuklukları hızla değişen ve gerilmiş yüz ifadeleriyle belirtilerini sergileyebilir. Psikoz gibi daha ciddi ruhsal bozukluklar ise, kişinin yüz ifadesinde belirsizlik, şaşkınlık veya uyumsuzluk gibi belirtilere yol açabilir (Beveridge, 2018).

3.2.Ruhsal Bozuklukların Belirtilerinde Yüz İfadelerinin Rolü

Fizyonomi, çeşitli ruhsal bozuklukların tanı ve değerlendirilmesinde önemli bir araç olabilir. Özellikle, depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk ve şizofreni gibi hastalıklar, yüz ifadeleri ile ilişkilendirilen belirgin semptomlara sahiptir (Beveridge, 2018).

- Depresyon, kişilerin yüz ifadelerinde en çok gözlemlenen bozukluklardan biridir. Depresif bireylerde, yüz kasları genellikle gevşek olur, dudaklar düşük bir konumda olabilir ve gözlerde bir donukluk gözlemlenir. Yüz ifadelerindeki bu değişiklikler, kişilerin içsel hissettikleri çaresizlik, üzüntü ve umutsuzluk durumlarının bir yansımasıdır. Bunun yanı sıra, depresyon hastaları daha az gülümser ve sosyal etkileşimlere karşı daha az istekli olabilirler (Ekman, 1999; Beveridge, 2018).
- Anksiyete bozuklukları, özellikle yüz ifadelerinde gerilme, kaygılı bakışlar ve hızlı göz hareketleri ile kendini gösterir. Kişi, çevresel stres faktörleriyle yüzleşmekte zorlanabilir ve bu durum yüz ifadelerine yansır. Ayrıca, anksiyozite belirtileri, kişiyle yapılan yüzeysel göz teması, kaş çatma ve ağız kenarlarının gerilmesi gibi davranışlarla da izlenebilir (Oommen & Oommen, 2003).
- Bipolar bozukluk, duygusal uç noktaların bir arada yaşandığı bir durumdur ve bununla bağlantılı olarak yüz ifadelerinde ani ve dramatik değişiklikler gözlemlenebilir. Manik dönemde, yüz ifadeleri genellikle daha canlı ve parlak olabilirken, depresif dönemde ise kişi tamamen duygusal olarak boşalmış gibi görünebilir (Ekman, 1999; Beveridge, 2018).
- Şizofreni hastalarında, yüz ifadelerindeki bozukluklar daha karmaşık olabilir. Bu kişilerde, yüz ifadesi genellikle donuk, duygusal anlam taşıyan herhangi bir tepki göstermeyen ve bazen uyumsuz olabilir. Şizofreni, kişinin dış dünya ile duygusal bağlantısını zayıflatır ve bu durum yüz ifadelerinde belirgin bir şekilde kendini gösterebilmektedir (Beveridge, 2018).

3.3.Yüz İfadelerinin Klinik Uygulamalardaki Rolü

Yüz ifadelerinin klinik değerlendirmelerde nasıl kullanılabileceği konusunda birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Psikiyatri profesyonelleri hastaların ruhsal durumlarını anlamak için gözlemlerini yüz ifadeleri üzerinden de yapmaktadır. Yüz ifadeleri, bir hastanın ruh halini değerlendirmek, tedavi sürecinin etkilerini izlemek ve tedaviye olan yanıtları ölçmek için önemli bir araç olabilir (Arslan, 2020). Yüz ifadelerinin klinik uygulamalarda etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, belirli bir eğitim ve deneyim gereklidir. Yüz ifadelerinin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi, profesyonellerin bu alanda belirli bir farkındalık geliştirmelerini ve yüz ifadeleri ile ruhsal durum arasındaki bağlantıyı anlamalarını sağlar (Carta, 2013).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. RUHSAL BOZUKLUKLARDA FİZYONOMİ VE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ

Psikiyatri hemşireliği, ruhsal bozuklukları olan bireylerin bakım ve tedavisinde önemli bir disiplin olarak ortaya çıkmaktadır. Psikiyatri hemşirelerinin görevleri arasında hasta izlemi, tedavi planlarının uygulanması, tedavi sürecinin değerlendirilmesi ve hastaların ruhsal durumlarının izlenmesi yer almaktadır. Bu süreçte, hemşireler hastanın yüz ifadelerini gözlemleyerek, duygusal durumları hakkında bilgi edinir ve bu bilgileri tedavi ekibiyle paylaşabilmektedir (Özbaş & Buzlu, 2011). Hemşirelerin, hastaların duygusal durumlarına dair farkındalık geliştirmeleri, tedavi sürecinin etkinliğini artırabilmektedir (Olcay, 2005). Fizyonomiyi anlamak ve bu verileri klinik pratikte kullanmak, psikiyatri hemşirelerinin profesyonel becerilerini güçlendirir. Hemşireler, hastaların ruhsal durumları hakkında erken uyarı sinyalleri tespit edebilir ve gerektiğinde müdahale edebilirler. Örneğin, depresyon belirtileri gösteren bir hastada yüz ifadesindeki donukluk, hemşireye hastanın içsel durumuyla ilgili ipuçları verebilir. Benzer şekilde, anksiyete ve stres gibi durumların yüz ifadelerinde oluşturduğu gerginlik, hemşirenin hastanın durumunu anlamasına yardımcı olabilmektedir (Polat & Karakaş, 2020).

Psikiyatri hemşirelerinin fizyonomi bilgilerini kullanması, multidisipliner bir yaklaşımın önemli bir parçasıdır. Hemşireler, yüz ifadeleri gibi görünür verileri, doktorlar ve terapistlerle paylaşarak hastanın durumuna dair daha geniş bir perspektif sunabilirler. Bu işbirliği, hastanın tedavi sürecinin her aşamasında daha iyi bir bakım sağlayabilir (Olcay, 2005). Ayrıca, hemşireler, hastanın yüz ifadelerini izlerken, duygusal değişikliklere bağlı olarak hastanın tedaviye verdiği yanıtı da gözlemleyebilirler. Bu veriler, tedavi planlarının uyarlanmasına ve gerektiğinde yeni stratejilerin uygulanmasına yardımcı olabilir (Olcay, 2005; Polat & Karakaş, 2020).

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Fizyonomi ve yüz ifadeleri, ruhsal bozuklukların tanı ve tedavisinde önemli bir yere sahiptir. Yüz ifadelerinin, kişinin içsel psikolojik durumunu yansıttığı ve duygusal değişiklikleri açığa çıkardığı anlaşılmıştır. Depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk ve şizofreni gibi hastalıkların tanısında ve tedavisinde yüz ifadeleri önemli bir yardımcı araç olabilir. Bununla birlikte, yüz ifadelerinin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için profesyonel eğitim ve dikkatli gözlemler gereklidir. Fizyonomi, ruhsal bozuklukların daha etkili bir şekilde tanınmasına ve tedavi edilmesine katkı sağlayan bir alan olarak, gelecekte psikolojik sağlık uygulamalarında daha fazla yer bulacaktır.

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Fizyonomi, ruhsal bozuklukların tanısında önemli bir rol oynarken, psikiyatri hemşireliği bu alanda kritik bir görev üstlenmektedir. Hemşireler, yüz ifadelerindeki ince değişiklikleri gözlemleyerek, hastaların duygusal durumlarını daha iyi anlayabilir ve tedavi sürecine katkı sağlayabilirler. Psikiyatri hemşirelerinin, fizyonomiyi doğru şekilde yorumlama yeteneği, hastaların ruhsal bozukluklarını erken aşamalarda tespit etmeye ve tedaviye yönelik uygun

müdahaleleri planlamaya yardımcı olabilir. Ayrıca, hemşireler, hastaların yüz ifadelerini izleyerek, tedaviye verdikleri yanıtları gözlemleyebilir ve bu bilgiyi diğer sağlık profesyonelleriyle paylaşarak multidisipliner bir yaklaşımın sağlanmasına katkıda bulunabilirler. Sonuç olarak, fizyonominin psikiyatri hemşireliği pratiğinde bir araç olarak kullanılması, hem hastaların daha iyi izlenmesine hem de tedavi sürecinin iyileştirilmesine olanak tanımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Ekman, P. (1999). *Basic Emotions*. In T. Dalgleish & M. J. Power (Eds.), *Handbook of Cognition and Emotion* (pp. 45-60). Wiley.
2. Carta, M. G. The Role of Facial Expression in Psychiatric Disorders, Journal of Mental Health, 22, 4, 345-352, 2013.
3. McNeill, D. The face: a natural history. Back Bay Books; 2000.
4. Todorov, A., Said , C.P., Engell, A.D., Oosterhof, N.N. Understanding Evaluation of Faces on Social Dimensions, Trends in Cognitive Sciences, 12, 12, 455-460, 2008.
5. Kramer, R.S., King, J.E., Ward, R. Identifying Personality From the Static, Nonexpressive Face in Humans and Chimpanzees: Evidence of a Shared System for Signaling Personality, Evolution and Human Behavior, 32, 3, 179-185, 2011.
6. Wolffhechel, K., Fagertun, J., Jacobsen, U. P., Majewski, W., Hemmingsen, A. S., Larsen, C. L., ... & Jarmer, H. Interpretation of Appearance: The Effect of Facial Features on First Impressions and Personality. Plos One, 9, 9, e107721, 2014.
7. Qin, R., Gao, W., Xu, H., & Hu, Z. Modern Physiognomy: an Investigation on Predicting Personality Traits and Intelligence From the Human Face. ArXiv preprint arXiv:1604.07499, 2016.
8. Abuagla, A.C. Antik Yunan ve Roma Dünyasında Fizyonomi: Tarihsel Köken, Bakış Açısı ve Yöntem, Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 8, 4, 1753-1772, 2021.
9. Beveridge, A. Sir Alexander Morison and The Physiognomy of Mental Diseases: Part 2. Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh, 48, 4, 352-367, 2018.
10. Ünsal, E. Türk Portre Resminde İnsana İlişkin Betimleme Çabasında Fizyonomi/İlm-İ Sima/Firâset, Motif Akademi Halkbilimi Dergisi, 16, 43, 1469-1491, 2023.
11. Arslan, Ö. 19. Yüzyıl Erken Dönem Psikiyatri Fotoğrafçılığının Gelişimi ve Hugh Welch Diamond, Sanat ve Tasarım Dergisi, 25, 65-82, 2020.
12. Ekmekçi, P.E. Psikiyatri Tarihinde Bir Dönüm Noktası: 19. Yüzyılda Avrupa'daki Gelişmeler ve Etkileri, Türkiye Klinikleri Tıp Etiği-Hukuku-Tarihi Dergisi, 26,2, 77-85, 2018.
13. Demir, A. (2015). Osmanlı'da İnsan Tanıma Sanatı El ve Yüz Okuma. Yitik Hazine Yayınları. İstanbul.
14. Oommen, A., Oommen T. (2003). Physiognomy: A critical review. J Anat. Soc. India 52(2) 189-191, A., Oommen T. Physiognomy: A critical review. J Anat. Soc. India, 52, 2, 189-191, 2003.
15. Swain S. (2007). Seeing the Face, Seeing the Soul. Oxford University Press.Oxford.
16. Candansayar, S. ve Coşar, B. Kültürlerarası Psikiyatri Açısından Ruh Hastalığı Kavramı, T Klin Psikiyatri, 2, 21-30, 2001.
17. Hartley, L. (2001). A science of mind ?Theories of nature, theories of man? Physiognomy and the Meaning of Expression in Nineteenth-Century Culture (s.15-43) içinde. Cambridge: Cambridge University Press.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

18. Yumrul, A. (2012). Ötekiliği Bedenlere Kaydetmek. Çayır K., Ayan Ceyhan M.(Ed.), Ayrımcılık Çok Boyutlu Yaklaşımlar (s. 89- 96) içinde. İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.
19. Rutanen, J. (2015). Phototherapy and Therapeutic Photography: The Healing Power of Photographs, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Leiden University/ Film and Fotographic Studies, Leiden.
20. Özbaş, D., Buzlu, S. Geçmişten Günümüze Psikiyatri Hemşireliği, Florence Nightingale Journal of Nursing, 19, 3, 187-193, 2011.
21. Olcay, E.E. Farkındalık ve Psikiyatri Hemşireliği, Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 21,2, 159-168, 2005.
22. Polat, H., Karakaş, S.A. Adli Psikiyatri Hemşireliği, Ebelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 3,3,225-232, 2020.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KİŞİLERARASI İLİŞKİLER VE SOSYAL RİTİM TERAPİSİ: RUHSAL SORUNLARIN TEDAVİSİNDE BÜTÜNSEL BİR YAKLAŞIM VE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ

Arş. Gör. Dr. Elif Güzide EMİRZA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
guzzide@hotmail.com - 0000-0003-3652-2428

Arş. Gör. Dr. Kübra GÜLIRMAK GÜLER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
k_1058_g@hotmail.com - 0000-0003-4450-3737

ÖZET

Ruhsal bozukluklar, genellikle bireylerin çevreleriyle olan ilişkilerindeki bozulmalar ve günlük ritimlerinde yaşadıkları düzensizlikler ile ilişkilidir. Kişilerarası İlişkiler Terapisi ve Sosyal Ritim Terapisi, bu sorunları ele alarak bireylerin hem içsel dünyalarını hem de dışsal çevreleriyle olan etkileşimlerini düzenlemeyi hedefler. Bu derlemenin amacı, kişilerarası İlişkiler ve Sosyal Ritim Terapisinin ruhsal sorunların tedavisindeki bütünsel etkileri ve psikiyatri hemşireliğinin rolünü incelemektir. Ruhsal bozukluklar, sosyal ilişkilerinde yaşadıkları zorluklarla ve günlük yaşam ritmindeki düzensizliklerden kaynaklanabilir. Bazı durumlarda sosyal ilişkilerde zorluklar ve yaşam ritmindeki düzensizliğin nedeni ruhsal sorunlardan da kaynaklanabilir. Her iki durum için de bireyin sosyal ritminin düzenlenmesi ve çevreyle olan ilişkilerinin desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Kişilerarası ilişkiler terapisi, bireylerin ilişkilerindeki olumsuz desenleri keşfederek, sağlıklı iletişim becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Ayrıca bireylerin sosyal bağlarını güçlendirerek yalnızlık ve sosyal izolasyon gibi ruhsal sorunların üstesinden gelmeleri için cesaretlendirir. Sosyal Ritim Terapisi ise, bireylerin günlük yaşam döngülerini (uyku, yemek, egzersiz) düzenleyerek, biyolojik saatlerini dengelemeye çalışmaktadır. Her iki terapi yöntemi, depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk gibi ruhsal bozuklukların tedavisinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Kişilerarası ilişkilerin güçlendirilmesi ve sosyal ritimlerin düzenlenmesi, özellikle depresyon, anksiyete, bipolar bozukluk gibi ruhsal bozukluklarda iyileşme sürecini destekleyebilmektedir. Bu bütünsel yaklaşım, tedavi sürecine yeni bir perspektif kazandırmakta ve ruhsal sorunların daha etkili bir şekilde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, Kişilerarası İlişkiler ve Sosyal Ritim Terapisi, ruhsal sorunların tedavisinde entegre bir yöntem olarak öne çıkmakta ve bireylerin yaşam kalitelerini arttırmaya yönelik önemli bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Bu bağlamda psikiyatri profesyonellerineden olan psikiyatri hemşireleri ruhsal sorunu olan bireylere bakım ve yaklaşımda psikoterapötik yaklaşımlardan kişilerarası lişkiler ve sosyal ritim terapisini etkili olarak kullanabilirler.

Anahtar Kelimeler: Kişilerarası ilişkiler terapisi, sosyal ritim terapisi, biyolojik saat, ruhsal sorunlar, psikiyatri hemşireliği

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INTERPERSONAL RELATIONSHIPS AND SOCIAL RHYTHM THERAPY: A HOLISTIC APPROACH TO THE TREATMENT OF MENTAL PROBLEMS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING

Arş. Gör. Dr. Elif Güzide EMİRZA
Ondokuz Mayıs University,
guzzide@hotmail.com - 0000-0003-3652-2428

Arş. Gör. Dr. Kübra GÜLIRMAK GÜLER
Ondokuz Mayıs University,
k_1058_g@hotmail.com - 0000-0003-4450-3737

ABSTRACT

Mental disorders are often associated with disruptions in individuals' relationships with their environment and irregularities in their daily rhythms. By addressing these problems, Interpersonal Relationship Therapy and Social Rhythm Therapy aim to regulate both the inner world and the interactions of individuals with their external environment. The aim of this review is to examine the holistic effects of Interpersonal Relationships and Social Rhythm Therapy in the treatment of mental problems and the role of psychiatric nursing. Mental disorders can be caused by difficulties in social relationships and irregularities in the rhythm of daily life. In some cases, difficulties in social relationships and irregularities in the rhythm of life may also be caused by mental problems. In both cases, it is of great importance to regulate the social rhythm of the individual and to support his/her relations with the environment. Interpersonal therapy helps individuals to develop healthy communication skills by discovering negative patterns in their relationships. It also encourages individuals to overcome mental problems such as loneliness and social isolation by strengthening their social ties. Social Rhythm Therapy, on the other hand, tries to balance the biological clocks of individuals by regulating their daily life cycles (sleep, eating, exercise). Both therapy methods are effectively used in the treatment of mental disorders such as depression, anxiety and bipolar disorder. Strengthening interpersonal relationships and regulating social rhythms can support the healing process, especially in mental disorders such as depression, anxiety and bipolar disorder. This holistic approach brings a new perspective to the treatment process and enables more effective management of mental problems. In conclusion, Interpersonal Relationships and Social Rhythm Therapy stands out as an integrated method in the treatment of mental problems and offers an important treatment option to improve the quality of life of individuals. In this context, psychiatric nurses, who are psychiatric professionals, can effectively use interpersonal relationships and social rhythm therapy from psychotherapeutic approaches in the care and approach to individuals with mental problems.

Keywords: Interpersonal relations therapy, social rhythm therapy, biological clock, mental problems, psychiatric nursing

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

7. GİRİŞ

Klerman ve Weissman'ın (1984) tekrarlayan depresyon için geliştirdiği kişilerarası terapi modeli, Frank ve arkadaşları (2000) tarafından bipolar bozukluğu olan hastalara uyarlanarak yeni bir yaklaşım şekli almıştır. Bu terapi, duygudurum bozukluklarını açıklamaya yönelik psiko-kronobiyolojik teorilerden ve Goodwin ile Jamison'un (1990) iki uçlu bozukluğu olan hastalar için önerdikleri düzensiz yaşam modeli üzerine inşa edilmiştir (Ehlers ve ark., 1988; Monk ve ark., 1990). Terapi, stresli yaşam olaylarının duygudurum değişiklikleriyle ilişkisini vurgulamaktadır. Psikolojik ve biyolojik faktörlerin biyolojik saati etkileyerek duygudurum bozukluklarının alevlenme dönemlerini tetikleyebileceği görüşü temel alınarak, sosyal ritmi düzenlemenin ve duygudurum belirtilerini azaltmanın mümkün olduğu savunulmaktadır. Bu bakış açısıyla, Kişilerarası İlişkiler ve Sosyal Ritim Terapisi (KİSRT) sosyal ritmi dengeleyerek yinelemeleri engellemeyi ve duygudurum sorunlarını hafifletmeyi amaçlar. Kişilerarası ilişki sorunlarına yönelik çözüm önerilerinin yanı sıra, terapide bilişsel-davranışçı teknikler de kullanılmaktadır (Çakır, Özerdem, 2010). KİSRT'nin temel varsayımı, bireylerin duygudurumları ile kişilerarası ilişkilerinde yaşadıkları olayların birbirini etkileyen bir bağlantıya sahip olduğudur. Terapi, bireyleri anlamada biyopsikososyal, kültürel ve manevi bir modeli esas alır. Depresyonun biyolojik veya psikolojik kökenlerini göz ardı etmeyip, aynı zamanda depresyonu sosyal bağlamda ortaya çıkan bir tıbbi durum olarak tanımlar (Altın, 2012).

KİSRT, hastalara akut dönemin ardından dört aşamalı bir süreçle uygulanır (Frank ve ark., 2000). İlk aşamada, geçmiş hastalık dönemleri ve hastanın kişilerarası ilişkilerinin yapısı analiz edilir, temel sorun alanları belirlenir ve sosyal ritimler ölçülerek psikoeğitimle düzenlenir (Ehlers ve ark., 1988; Monk ve ark., 1990). İkinci aşamada, terapist ve hasta, hastalık dönemleriyle ilişkili kişisel sorunları çözmek ve günlük yaşamın düzenini sağlamak için işbirliği yapar. Üçüncü aşama, hastanın daha bağımsız hale gelmesi ve KİSRT'nin belirlediği alanlarda yetkinliğini artırması amacını güder (Ehlers ve ark., 1988; Monk ve ark., 1990; Frank ve ark., 2000). Son olarak, sonlanma aşamasında hastanın işlevselliğini geliştirmesi, bağımsız yaşam becerilerini kazandığı ve yinelemeleri önlemek için gerekli stratejileri kullandığı hedeflenir (Frank ve ark., 2000; Çakır & Özerdem, 2010).

8. DUYGUDURUM BOZUKLUKLARINDA SİRKADYEN RİTİM

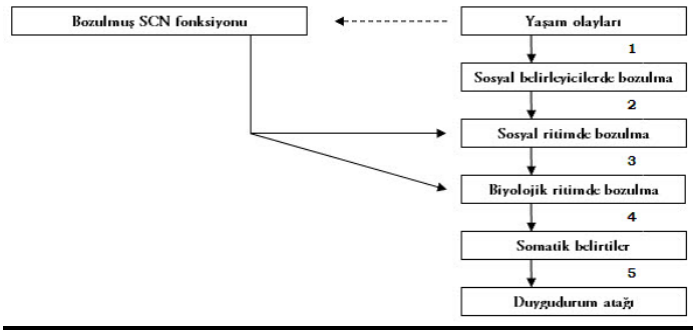
Sirkadyen ritim, yaklaşık 24 saatlik bir döngüyü tanımlar. Bu ritim, melatonin salgısının pineal bezden salınımı, vücut sıcaklığındaki düzenlemeler ve plazma kortizol seviyelerindeki değişiklikler gibi 24 saatlik periyotlarla tekrarlayan biyolojik olaylarla gözlemlenir (Ruan ve ark., 2021). Bu 24 saatlik ritimler, beyindeki moleküler saat mekanizmaları tarafından kontrol edilir ve her gün aydınlık-karanlık döngüsüyle tam olarak 24 saate sıfırlanır. Hipotalamustan gelen bilgiler, humoral ve sinirsel iletişim yoluyla tüm vücuda zamansal bilgi aktarır (Walker ve ark., 2020; Ruan ve ark., 2021).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

8.1.Sirkadyen Ritmin Düzenlenmesi

Sirkadyen ritim, vücutta yaklaşık 24 saatlik bir döngüyle gerçekleşen davranışsal ve fizyolojik değişiklikleri tanımlar ve bu ritimler, içsel biyolojik saatler (pacemaker, oscillator) tarafından düzenlenir. Aynı zamanda çevresel uyaranlar, yani "zeitgeber"lar, bu ritimleri senkronize eder. İnsanlarda, sirkadyen sistemin işleyişini retina, retinohipotalamik yol, pineal bez ve suprakiazmatik nükleus gibi yapılar sağlar, ancak bu ritimleri ayarlayan pek çok faktör vardır. En önemli ritim düzenleyicisi ise ışıktır (Reid, 2019; Walker ve ark., 2020). Işık, retina üzerindeki gangliyon hücrelerinden retinohipotalamik yol aracılığıyla suprakiazmatik nükleusa ulaşır ve burada kortizol, vücut sıcaklığı ve tiroid hormonları gibi sirkadyen ritmin düzenlenmesinde önemli rol oynar. Suprakiazmatik nükleustan çıkan ana yolak, paraventriküler nükleus üzerinden pineal bezle bağlantı kurar. Melatonin, pineal bezden salgılanan ve uyku düzenini başlatan bir hormondur (Reid, 2019). Melatonin üretimi, kişinin yatma alışkanlıklarına yakın bir saatte artarak akşam uykululuğunu artırır. Uykuya geçişle birlikte melatonin seviyesi yükselir ve bu hormon, suprakiazmatik nükleusla ilişkilendirilmiş gamma-aminobütirik asit (GABA'erjik) mekanizmalarını aktive ederek nükleusun uyarılmasını engeller ve uykunun başlamasına yardımcı olur. Sirkadyen ritimler, sadece ışıkla değil, aynı zamanda yemek yeme, egzersiz, uyuma-uyanma zamanları ve sosyal etkileşim gibi faktörler tarafından da senkronize edilebilir (Selvi ve ark., 2011; Reid, 2019; Walker ve ark., 2020).

Duygudurum bozuklukları, sıklıkla mevsimsel değişikliklerle ilişkili olarak ritmik bir seyir izler. Bipolar bozukluğu olan bireylerde, duygudurum atakları sırasında sirkadyen ritim ve uyku-uyanıklık döngülerinde belirgin bozulmalar gözlemlenir (McClung, 2013). Sirkadyen ritim yalnızca vücut ısısı, hormon salınımı ve uyku döngülerini değil, aynı zamanda psikomotor beceriler, bilişsel işlevler ve duygudurum üzerinde de etkili olur. Bu ritim, aynı zamanda monoamin sistemini de düzenler (Selvi ve ark., 2011). Sirkadyen ritimdeki bozulmalar, hipotalamus-pitüiter-adrenal aksındaki ve monoamin sistemindeki dengesizliklere yol açarak, kişinin depresyon, hipomani ve mani arasında geçiş yapmasına yatkınlık oluşturabilir. Sirkadyen ritmin düzenlenmesinden sorumlu olduğu düşünülen saat geni (clock gene) üzerinde yapılan çalışmalarda, bu genin mutasyonu sonucu farelerde görülen hiperaktivite, uyku ihtiyacındaki azalma ve kaygı düzeylerinde azalma gibi manik belirtilere benzer davranışlar gözlemlenmiştir (McClung, 2013; Sayar ve ark., 2014).



Görsel 1. Sosyal Ritim Hipotezinin Açıklanması, (Grandin ve ark., 2006)

Sosyal ritimler, örneğin yemek yeme, çalışma veya okul saatleri gibi günlük aktiviteler, sirkadyen ritmin düzenlenmesinde ya da bozulmasında önemli bir rol oynar. Duygudurum

bozukluğu olan bireyler, sağlıklı kişilerle karşılaştırıldığında genellikle daha düzensiz sosyal ritimlere sahip olurlar. Sosyal ritim teorisi, yaşam olaylarının depresyon, mani veya hipomani gibi duygudurum değişimlerini tetikleyen biyolojik değişikliklere yol açtığını öne sürer (Grandin ve ark., 2006). Bu teoriye göre, günlük aktivitelerin zamanlamasında meydana gelen değişiklikler, örneğin yemek, egzersiz, okul ya da iş saatleri, uyku düzeni ve melatonin üretimi gibi biyolojik aktivitelerin ritimlerini bozarak duygudurum bozukluklarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu tür sosyal ritim bozukluklarının, uyku düzensizlikleri ve melatonin gibi biyolojik ritimlerdeki anormalliklere yol açtığı düşünülmektedir (Grandin ve ark., 2006; Rei, 2019).

Sosyal zeitgeber teorisi, stresli yaşam olaylarının, uyku saati, yemek saati ve uyanma zamanı gibi sosyal zamanlayıcıların (zeitgeber'lar) düzenini bozarak, sirkadyen ritminde bozulmalara yol açabileceğini ve bunun da duygudurum atağına neden olabileceğini ileri sürer. "Zeitgeber" terimi Almanca kökenlidir; "Zeit" zaman, "geben" ise vermek anlamına gelir (Gıca & Selvi, 2021). Sosyal zeitgeber'lar, biyolojik ritimleri, örneğin sirkadyen ritmimizi ve uyku-uyanıklık döngüsünü etkileyen sosyal faktörlerdir. Bu faktörler arasında kişilerarası ilişkiler, yaşam evreleri ve sosyal gereksinimler gibi etmenler bulunur. Bu etmenler, biyolojik ritimler üzerinde bozulmalara yol açan sosyal zamanlayıcıları (zeitgeber) etkileyebilir (Sayar ve ark., 2014).

Güneşin doğuşu ve batışı, canlılar için en güçlü "zeitgeber" olarak kabul edilir. Modern yaşamın getirdiği 24 saatlik kesintisiz şehir yaşamı, esnek çalışma saatleri, vardiyalı iş düzeni, trafik nedeniyle geciken öğün saatleri, kilo verme amaçlı atlanan yemekler ve televizyon programlarına bağlı olarak şekillenen uyku düzeni, doğal güneş ışığının belirlediği biyolojik ritmi bozabilir (Sayar ve ark., 2014; Gıca & Selvi, 2021). Bu biyolojik ritim bozuklukları, sağlıklı kişilerde genellikle kısa süreli bilişsel güçlükler veya duygudurum değişimleri gibi hafif etkiler oluşturabilir. Ancak bipolar bozukluk tanısı almış ya da yatkınlık gösteren kişilerde bu tür ritim bozuklukları, yeni bir duygudurum atağını tetikleyebilir. Örneğin, yaz saati uygulamasına geçiş gibi küçük değişiklikler, bu kişilerin biyolojik ritmini bozarak enerji seviyelerinde ve duygudurumda dalgalanmalara neden olabilir (Ehlers ve ark., 1988; Monk ve ark., 1990; Frank ve ark., 2000).

8.2.KİSRT ve Uygulaması

Sosyal Ritim Düzenleme Terapisi (KİSRT), kişilerarası ilişkiler terapisinin temel unsurlarına dayanmaktadır. Terapinin amacı, ilk aşamada hastanın geçmişi hakkında bilgi almak, hastalığa dair psikoeğitim vermek, duygudurum belirtileriyle başa çıkmak, hastanın sosyal çevresini inceleyerek bu çevrenin duygudurum bozukluğuyla olan ilişkisini anlamak ve mevcut kişilerarası sorunları çözmeye çalışarak yenilerinin ortaya çıkmasını engellemektir (Lemma ve ark., 2024). Sosyal ritmin bozulması, stresli yaşam olayları nedeniyle olabilir ve bu da tedaviye uyumun azalmasına yol açabilir. Sosyal zeitgeber'lar ve biyolojik ritimlerin etkilerini incelerken, kişinin çevresiyle olan ilişkileri ve uyum yeteneği de göz önünde bulundurulmalıdır. Uyku, genellikle bireysel bir deneyim olarak algılansa da, yatak partnerlerinin uykusuzluk üzerinde önemli bir etkisi olabilir (Rogojanski, 2013). Örneğin, sorunlu bir evlilik ilişkisinin oluşturduğu sosyal stres, eşlerin birlikte yatak odasına gitmekten kaçınması sonucu uyku saatlerini değiştirmelerine yol açarak, psikososyal etkilerle biyolojik ritmin bozulmasına neden

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

olabilir. KİSRT, günlük sosyal ve biyolojik ritmi dengelemeyi amaçlayan bir psikoterapi yöntemidir. Bu terapi, sadece biyolojik ritimler ve uyku-uyanıklık döngülerini değil, aynı zamanda kişilerarası ilişkiler ve sosyal roller üzerinde de çalışarak, sosyal ritmin düzeltilmesine odaklanır (Frank ve ark., 2000; Lemma ve ark., 2024).

KİSRT beş ana konuyu ele almaktadır (Frank ve ark., 2000):

1. Yaşam olayları ile duygudurum değişimlerinin arasındaki ilişkiyi belirlemek,
2. Günlük rutinleri düzenli hale getirmek,
3. Kişilerarası ilişkilerde ve günlük yaşamda sosyal ve biyolojik ritmi bozan faktörleri tespit etmek,
4. Hastalık nedeniyle kaybedilen "sağlıklı ben" duygusuyla başa çıkmak,
5. Affektif belirtileri tespit etmek ve bunlarla ilgili müdahale yapmak.

KİSRT terapisi, başlangıç, ara dönem, devam dönemi ve sonlandırma olarak dört aşamadan oluşan bir süreçten geçer (Frank ve ark., 2000; Rogojanski, 2013; Lemma ve ark., 2024).

- *Başlangıç Dönemi:* KİSRT'nin başlangıç aşamasında, ilk olarak hastanın geçmiş hastalık öyküsü alınır, kişilerarası ilişkileri gözden geçirilir ve mevcut sorunlu alanlar tespit edilir. Bu dönemde, hastaya hastalık hakkında psikoeğitim sağlanır. Başlangıç sürecinde hasta, akut atak halinde olabileceği gibi, ötimik (duygusal denge) bir dönemde de olabilir. Ancak terapi akut atak sırasında başlatılmışsa, hastanın dikkat dağınıklığı ve terapiye uyumda zorluklar yaşanabilir (Frank ve ark., 2000; Lemma ve ark., 2024). Genellikle bu evre birkaç hafta ile birkaç ay arasında sürer ve hastanın haftada bir kez görülmesi önerilir (Frank ve ark., 2000). Hastalık öyküsü alırken, geçmişteki duygudurum değişimlerini tetikleyen olaylar, kişiler arası problemler ve sosyal ritim bozuklukları üzerinde durulur. Hastadan, hayatındaki önemli olayları ve bu olaylarla bağlantılı kişilerle olan ilişkilerini listelemesi istenir. Bu kişilerle yaşadığı hayal kırıklıkları, karşılaştığı beklentiler ve ilişkilerdeki değişim isteği sorgulanır. Kişilerarası sorunların, hastanın duygudurumuyla olan ilişkisi de tartışılır (Frank ve ark., 2000; Rogojanski, 2013). Bu süreç, terapi sürecinin ilerleyen aşamalarında odaklanılacak konuları belirlemede yardımcı olur. Başlangıç aşamasındaki psikoeğitimde, hastaya bipolar bozukluğun semptomarı, hastalığın kronik doğası, ilaçların etkileri ve olası yan etkileri ve düzenli ilaç kullanımının önemi gibi temel bilgiler verilir. Ayrıca, sosyal ve biyolojik ritmin düzeninin, hastalık belirtileri üzerindeki etkisi detaylı bir şekilde açıklanır (Sayar ve ark., 2014; Lemma ver ark., 2024). Hastalık öyküsünün alınması sırasında, bazen zaman çizelgesi oluşturulabilir, bu da hastanın geçmişteki önemli olayları ve duygudurum değişimlerini görselleştirmek için faydalı olabilir (Frank ve ark., 2000).

KİSRT uygulamasında Monk ve arkadaşları tarafından geliştirilen **Sosyal Ritim Cetveli (SRM: Social Rhythm Metric)** kullanılarak, hastadan günlük rutinlerini takip etmesi istenebilir. Uygulamada, terapist de bu tür bir formu kendisi oluşturabilir. SRC uygulaması formunda, hastanın sabah yataktan kalkma saati, bir başkasıyla ilk etkileşim kurma saati, yemek saatleri, yatma zamanı ve diğer belirli aktiviteler kaydedilir (Monk ve ark., 1990; Frank ve ark., 2000). Ayrıca, bu aktivitelerin kimlerle yapıldığı ve kişiyi uyarıcılık durumu da belirtilir. Formda, kişiden haftanın her günü için duygudurumunu ve duygulanımını değerlendirmesi istenir (Monk ve ark., 1990).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



ID: _____ Adapted SRM-5 Initials: _____

Directions:
- Record the **ideal** (or target) time you would like to do these daily activities
- Record the time you **actually** did the activity each day
- Record the **people** involved in the activity: 0 = Alone; 1 = Others present; 2 = Others actively involved; 3 = Others very stimulating

Day and Date:												
Activity	Target time	Time	People	Time	People	Time	People	Time	People	Time	People	Time	People
Out of bed												
First contact with other person												
Start work/school/ Volunteer/ family care												
Dinner												
To bed												
Rate ENERGY LEVEL each day from -5 to +5 - 5 = very slowed, fatigued / + 5 = very energetic, active												

Görsel 2. Uyarlanmış SRM-5, (Frank ve ark., 2007)

- *Ara Evre:* İlk 3-4 haftalık dönemde, hastanın kendi doğal davranışları ve günlük kayıtları gözlemlendikten sonra terapinin ara aşamasına geçilir. Bu aşamada, sosyal ve biyolojik ritim bozukluklarına neden olan faktörler için davranışa yönelik müdahaleler önerilir. Örneğin, yatma saatleri düzensizse, belirli bir saatte yatağa gitmesi teşvik edilebilir; hafta içi ve hafta sonu arasındaki uyku-uyanıklık düzeni çok farklıysa bu farkın azaltılması hedeflenir (Monk ve ark., 1990; Frank ve ark., 2000). Rutin çalışma saatleri olmayan bir işte çalışan bireyler için belirli bir mesai saati önerilebilir. Düzensiz öğün saatleri olan hastalar için yemek düzeni oluşturulması planlanır. Ayrıca, sosyal ilişkilerin bir düzene oturtulması ve aşırı uyarıcı etkinliklerin azaltılması gibi adımlar da atılabilir. Birçok hastada, uyku-uyanıklık saatlerindeki düzensizlik kişisel tercihlerden kaynaklanmaktadır (Sayar ve ark., 2014; Lemma ver ark., 2024). Bu durumda, psikoeğitim sürecinde sosyal ritmin, biyolojik ritim ve hastalık süreci üzerindeki etkileri özellikle vurgulanmaktadır. Ancak, uyku düzeni hastalığın bir belirtisi olarak bozulmuşsa, ilaç tedavisiyle uyku saatleri yeniden düzenlenebilir (Monk ve ark., 1990; Sayar ve ark., 2014).

Araştırmalar, uyku düzeni oluşturulurken, belirli bir uyanma saati belirlemenin, uyuma saatini belirlemekten daha etkili olduğunu göstermektedir. Haftalık terapilerde, hastaların günlük kayıtları gözden geçirilir ve bir sonraki hafta için hedefler belirlenir (Sayar ve ark., 2014). Sorunun içeriği ve süreci hakkında bilgi toplandıktan sonra, hastanın sosyal ritmini düzenlemeye yönelik olarak, sorun çözme ya da sosyal ve biyolojik ritmin bozulmasını önlemek için atılacak adımlar belirlenir (Sayar ve ark., 2014; Lemma ve ark., 2024). Sosyal ritmi düzenlerken, kişilerarası çatışmaların çözüm yolları da ele alınır. Ayrıca, kişinin rol değişiklikleri, KİSRT çerçevesinde sosyal ritmi olumsuz etkileyebilecek unsurlar arasında sayılabilir. Rol geçişleri, boşanma, çocukların evden ayrılması, emeklilik gibi kayıpların yanı sıra, doğum, iş değişikliği ya da terfi gibi olumlu değişikliklerle de gerçekleşebilir. Böyle bir rol değişikliği, hem kişinin sosyal hem de biyolojik ritmini etkileyebilir (Carta, 2013).

- *İdame Evresi:* Bu aşamada, birey kendi biyolojik ve sosyal ritmini tanır ve önceki evrelerde kazandığı becerileri uygulamada yetkinlik kazanır. Bu aşamada amaç, sosyal ve biyolojik ritmin sürekliliğini sağlamak, tatil gibi dönemlerde ve beklenmedik yaşam olayları karşısında rutinlerin bozulmamasını temin etmektir. İdame evresinde, terapinin sıklığı başlangıçta iki haftada bir, ardından ise ayda bire indirgenir (Sayar ve ark., 2014). Her gün tamamen aynı ritmin uygulanması yerine, yoğun günlerin ardından daha sakin günler planlanabilir. Ancak hastanın ilerleyen süreçteki çizelgeleri ve geri bildirimleri, pasif günlerin uzun süreye yayıldığını ve bu durumun sosyal etkileşimden kaçınmaya yol açtığını gösteriyorsa, yeni bir davranışsal aktivasyon stratejisi devreye alınır. Davranışsal aktivasyon, uzun yıllardır depresyon tedavisinde kullanılan bir yöntem olup, hastanın hoşlandığı ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kendini yetkin hissettiği aktivitelerin sıklığını artırmaya dayanır (Carta, 2013). Jacobson ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, yalnızca davranışsal aktivasyon uygulanan grup ile tam kapsamlı bilişsel davranışçı terapi uygulanan grup arasında depresyon belirtilerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır (Jacobson ve ark., 1996). Bu etkinliği yüksek olan teknik, KİSRT'nin idame aşamasında da uygulanır. Bu evrede, hastanın bir önceki hafta içindeki aktivite düzeyi ve gelecek hafta için beklentileri sorgulanır. Yeterli aktivite olmadığı takdirde, belirli günlük aktiviteler, hatta saatli planlamalar yapılabilir (Jacobson ve ark., 1996; Carta, 2013). Bipolar bozukluğu olan hastalarda, depresyon döneminde bu teknik uygulanırken, manik evrede sosyal ritm yavaşlatılabilir.

KİSRT, hastanın özel durumlarına göre uyarlanabilir. Örneğin, premenstrüel dönemde duygudurum dalgalanmaları yaşayan bir hasta için, adet döngüsünü kayıtlara eklemesi istenebilir. Eğer hastalığın doğal seyri hakkında belirli dalgalanmalar önceden tahmin edilebiliyorsa, hastanın bu değişimlere uyum sağlamasına yardımcı olacak düzenlemeler yapılabilir (Oral ve ark., 2011). Örneğin, adet öncesi günlerde hafif egzersizler eklenebilir ya da adet döneminde sosyal aktiviteler sınırlanabilir. Terapistin, hastanın aynı zamanda hekimi olduğu durumlarda, tedavi sürecinin idame aşamasında ilaç uyumu izlenir, duygudurum dalgalanmalarına göre ilaçlar düzenlenebilir ve yan etkiler gözlemlenir. Lityum kullanan hastalarda, örneğin poliüri nedeniyle uyku düzeni bozulabilir ve bu da biyolojik ritmin aksamasına yol açabilir (Sayar ve ark., 2014; Lemma ver ark., 2024). Ayrıca, tedavi sürecindeki psikotrop ilaçlar da uyku düzenini olumsuz yönde etkileyebilir. Riskli hastalarda alkol ve madde kullanımı izlenirken, obezite problemi olan hastalar için beslenme önerileri ve egzersiz planları KİSRT'nin bir parçası olarak dahil edilebilir (Oral ve ark., 2011).

- *Sonlandırma:* Bipolar bozukluğun uzun süreli ve tekrarlayan bir seyir izlediği göz önünde bulundurulduğunda, terapinin sıklığı zamanla azalabilir ve yıllarca süren bir idame süreci oluşturulabilir. Ancak, ekonomik sıkıntılar, kriz ya da hastanın tercihi gibi sebeplerle KİSRT sonlandırılacaksa, ayda bir yapılan 3-5 seansla sonlandırma evresi gerçekleştirilebilir. Bu süreçte, hasta ile terapist arasındaki iletişimin devam etmesi önemlidir; 3-6 ayda bir yapılacak görüşmeler, hastalıkta bir yineleme meydana gelirse terapiye hızlı bir şekilde başlanabilmesini sağlar (Oral ve ark., 2011). Swartz ve arkadaşları, unipolar depresyon hastalarında KİSRT'i daha kısa süreli uygulamış ve kişilerarası ilişkilerde tek bir konuya odaklanarak başarılı sonuçlar elde etmiştir (Swartz ve ark., 2004). Örneğin, kronik evlilik çatışmalarına sahip olan ve uzun süreli terapi süreçlerinde bu çatışmalar çözülemeyen bireylerde, kısa süreli KİSRT'nin amacı evlilikteki çatışmayı çözmek yerine, daha doyurucu bir sosyal yaşam inşa etmek olabilir. Akut manik evrelerde ise kısa süreli KİSRT, biyolojik ritmi dengeleme üzerine odaklanabilir (Swartz ve ark., 2004; Sayar ve ark., 2014; Lemma ver ark., 2024).

8.3.KİSRT'in Etkililiği ile İlgili Araştırmalar

- KİSRT, bipolar bozukluğun tedavisinde kullanılan ve kısa süre içinde etkili sonuçlar elde edebilen bir terapötik yaklaşımdır. İlgili literatür taramalarında, KİSRT uygulanan bipolar bozukluk hastalarında hastalık ataklarının daha seyrek yaşandığı ve ataksız geçen sürelerin arttığı belirtilmiştir (Frank ve ark., 2007).

- Bir yıllık bir süreçte, bipolar bozukluk hastalarına grup terapisi şeklinde uygulanan Kişilerarası ve Sosyal Ritm Terapisi (KİSRT) ile depresif semptomlarda ve hastaneye yatış oranlarında azalma gözlemlenmiştir (Bouwkamp ve ark., 2013).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

- Bipolar bozukluk tanısı almış 12 ergende yapılan bir açık çalışmada ise, KİSRT'ye katılım oranı %97 olarak belirlenmiş ve 20 hafta süresince uygulanan terapi sonucunda manik, depresif ve genel psikiyatrik belirtilerde önemli iyileşmeler kaydedilmiştir (Hlastala ve ark., 2010).

- Birinci derece akrabalarında bipolar bozukluk bulunan ergenlerle yapılan başka bir çalışmada ise, 6 ay boyunca 12 seans süresince KİSRT uygulanan gençler terapinin sonunda ve sonrasındaki 6 ay boyunca izlenmiş, uyku düzeni ile sirkadyen ritimde anlamlı bir iyileşme olduğu, bu düzenlemenin özellikle risk altındaki ergenler için faydalı olduğu saptanmıştır (Goldstein ve ark., 2014).

- Başka bir araştırmada, kişilerarası ilişkiler ve rol işlevlerine odaklanan KİSRT terapisi alan bipolar bozukluk hastalarının, bu alanlara ağırlık vermeyen diğer terapi yöntemleriyle tedavi edilenlere göre mesleki işlevsellikte daha hızlı bir düzelme gösterdiği bulunmuştur (Frank ve ark., 2008).

- Mulcahy ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, KİSRT grubu oluşturulmuştur. Katılımcılar doğum sonu depresyonu olan kadınlardan oluşmuştur. Kadınlar psikiyatristler, psikologlar, hemşireler, toplum ruh sağlığı çalışanları ve sosyal hizmet uzmanları tarafından araştırmacılara yönlendirilmiştir. Araştırmacılar, yönlendirilen kadınları telefonla arayarak, bu kişilerin çalışma kriterlerini karşılayıp karşılamadığını değerlendirmiştir. Çalışma kriterlerine uygun bulunan 50 kadından, 23'ü müdahale grubuna, 27'si ise kontrol grubuna random atanmıştır. Çalışmanın bağımlı değişkenleri arasında depresyon düzeyi, evlilik uyumu, sosyal destek ve anne-bebek bağlanma düzeyleri yer almıştır. Müdahale grubundaki kadınlara, yerel bir toplum merkezinde iki bireysel görüşme, sekiz grup seansı (her biri iki saat süren) ve yalnızca eşlerine yönelik iki saatlik bir görüşme düzenlenmiştir. Grup üyeleri, müdahaleden önce ve sonra Edinburgh Postnatal Depresyon Skalası, Beck Depresyon Envanteri ve Diyadik Uyum Ölçeği ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, grup üyelerinin depresif belirtilerinde önemli bir azalma olduğunu göstermiştir ve üç ay sonra yapılan değerlendirmede bu azalma devam etmiştir. Ayrıca, müdahale grubundaki kadınların evlilik ilişkilerinde ve anne-bebek bağlanmasına yönelik algılamalarında belirgin bir iyileşme gözlemlenmiştir (Mulcahy ve ark., 2010).

- Chung ve arkadaşları (2014), depresif bozukluk tanısı almış Tayvanlı hastalarda KİSRT çalışmasının etkilerini araştıran randomize kontrollü bir çalışma yürütmüşlerdir. Müdahale grubunda yer alan katılımcılar 16 hafta boyunca grup çalışmasına katılmışlar ve uygulama öncesi ve sonrasında Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği, Tayvanlılar için geliştirilmiş Depresyon Anketi ve Dünya Sağlık Örgütü Yaşam Kalitesi Ölçeği ile değerlendirilmişlerdir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, müdahale grubunda depresyon şiddetinde önemli ölçüde bir azalma ve hastaların yaşam kalitelerinde artış gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar grup çalışmalarında kişilerarası etkileşimi onarma üzerine odaklanmanın depresif bozukluğa sahip kişilerin sosyal etkileşim sorunlarını düzelttiğini belirtmişlerdir (Chung ve ark., 2014).

- Grupla ya da bireysel KİSRT uygulamaları sadece bipolar bozukluk ya da depresyon tanısı almış kişilere değil, aynı zamanda travma sonrası stres bozukluğu ve yeme bozukluğu olan hastalarla da yapılmış ve KİSRT etkinliği kanıtlanmıştır (Ray & Webster, 2010).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

9. KİSRT VE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ

Psikiyatri hemşireleri ruhsal sorunu olan bireylere psikoterapötik yaklaşımlarda bulunabilmektedir. Bu bağlamda gözlem ve analiz aşamasında önemli rolleri olan psikiyatri hemşirelerinin KİSRT uygulayabilmeleri, bireylerin sosyal ritimleri ve biyolojik saatlerini de yakından gözlemleyebildikleri için son derece işlevsel olabilmektedir. Psikiyatri hemşireleri, hastaların tedavi sürecinde sadece fiziksel bakım sağlamaz, aynı zamanda psikolojik destek vererek onların sosyal ve duygusal iyilik hallerini iyileştirmeye çalışmaktadırlar (Olcay, 2005).

Psikiyatri hemşireleri, sosyal ritim terapisi gibi psikoterapötik yaklaşımlarda hastaların bakım sürecine aktif bir şekilde katılır. Hemşireler, terapilerin uygulanmasında rehberlik eder, hastaların terapiye uyum sağlamalarına yardımcı olur ve aynı zamanda kişisel bakım süreçlerini düzenler. Psikiyatri hemşireliği, hastaların sadece fiziksel sağlıklarını izlemekle kalmaz, aynı zamanda onların sosyal ve psikolojik durumlarını göz önünde bulundurarak tedavi sürecini bütüncül bir şekilde ele alır (Ünal & Çam, 2005). Hemşirelerin kişisel ritim bozukluklarını fark etmeleri, sosyal etkileşim sorunları yaşayan hastalarla empatik bir yaklaşım sergilemeleri önemlidir. Bu süreçte hemşireler, bireylerin duygusal ihtiyaçlarına duyarlı olarak onların tedaviye uyumlarını arttırabilir ve iyileşme süreçlerine katkı sağlayabilir (Olcay, 2005; Ünal & Çam, 2005).

Kişilerarası ilişkiler, sosyal ritim terapisi ve psikiyatri hemşireliği arasındaki bu etkileşim, ruhsal hastalıkların tedavisinde kritik bir rol oynamaktadır. Sosyal bağların güçlendirilmesi ve sosyal ritimlerin düzenlenmesi, hastaların tedavi süreçlerine olumlu yansır. Psikiyatri hemşireleri, hastaların kişisel ritimlerini anlamak, onları dinlemek ve tedavi sürecinde rehberlik etmek suretiyle önemli bir destek sağlarlar. Hemşirelerin bu tür terapilerdeki aktif rolü, ruhsal iyileşme sürecini hızlandırır ve hastaların yaşam kalitesini artırmaktadır (Ünal & Çam, 2005). Hemşirelerin, hastaların psikolojik durumlarına dair dikkatli gözlemler yapmaları, kişisel bakımın ötesinde, terapötik bir yaklaşımla hastaların sosyal ritimlerini güçlendirmelerine yardımcı olmalarını sağlamaktadır (Olcay, 2005; Ünal & Çam, 2005).

10. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

KİSRT, hastalığını kabul etmiş ve tedaviye motive olmuş bireylerde uygulanması oldukça kolay bir terapi yöntemidir. Ancak hastalığa yönelik farkındalığı düşük, hastalığın kronik doğasını reddeden hastalarda, öncelikle "sağlıklı benlik" kaybının duygusal yönleri üzerinde çalışmak ve yoğun bir psikoeğitim süreci uygulamak gereklidir (Chung ve ark., 2014). Bu terapide, bipolar bozukluk kronobiyolojik bir bakış açısıyla ele alınır. Bipolar bozuklukta, sosyal ritim değişikliklerinin ve sirkadyen ritim bozukluklarının duygudurum epizotlarını tetikleyebileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşım, hastalığa yatkın bireylerin biyolojik ve sosyal ritimlerinin bozulmasının, duygudurum değişikliklerine yol açabileceğini öne sürer. KİSRT, kişilerarası psikoterapiyi, bireylerin günlük rutinlerini düzenlemeyi amaçlayan davranışsal stratejilerle birleştirir (Frank ve ark., 2008). Yeterli psikoeğitim ve farmakoterapiye rağmen sürekli duygudurum atakları yaşayan bipolar bozukluk hastalarında, hastalığın nüks etme sıklığını azaltmaya yönelik etkili bir strateji olarak KİSRT kullanılabilir (Sayar ve ark., 2014).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Psikiyatri hemşireleri de psikoterapötik müdahalelerden olan KİSRT uygulamasında aktif rol oynayabilmektedirler (Ünal & Çam, 2005).

11. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

KİRST, ruhsal bozuklukların tedavisinde bütünsel bir yaklaşım olarak son yıllarda önemli bir yer edinmiştir. Özellikle bipolar bozukluk ve depresyon gibi duygudurum bozukluklarında etkili olduğu kanıtlanmış olan bu terapi yöntemi, sadece bireysel semptomları hedef almakla kalmayıp, aynı zamanda kişinin sosyal çevresi, günlük rutinleri ve biyolojik ritmiyle ilişkisini de ele alır. Bu bütünsel yaklaşım, psikolojik, sosyal ve biyolojik faktörlerin etkileşimini anlamayı ve tedaviye entegre etmeyi amaçlar.

KİSRT'nin, duygudurum bozukluklarında önemli bir tedavi aracı olarak kabul edilmesinin birkaç ana nedeni vardır. İlk olarak, terapi, kişilerin sosyal ilişkilerini güçlendirerek, duygusal destek ve etkileşimin önemini vurgular. İkinci olarak, günlük ritimler ve sirkadyen döngülerin düzenlenmesi, özellikle bipolar bozukluk gibi hastalıklarda duygudurum epizotlarının sıklığını azaltmada önemli rol oynar. Araştırmalar, KİSRT'nin duygusal düzenleme, uyku düzeni, sosyal etkileşimler ve günlük rutinlerin yapılandırılması yoluyla hastaların yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir.

KİSRT'nin etkinliğini artıran bir diğer faktör, hastanın tedavi sürecine aktif katılımını teşvik etmesidir. Terapi, bireylerin kendi duygusal durumlarını anlamalarına, stresle başa çıkmalarına ve yaşamlarındaki olumsuz ritim değişikliklerini tanıyıp düzenlemelerine yardımcı olur. Bunun yanı sıra, psikoeğitim ve davranışçı müdahalelerin birleşimi, hastaların terapiden daha yüksek fayda sağlamalarını sağlar. Ancak, KİSRT'nin her birey için uygun olmayabileceğini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Terapinin başarı oranı, kişinin hastalığına ilişkin farkındalığı, tedaviye motivasyonu ve terapiste karşı duyduğu güvenle doğrudan ilişkilidir. KİSRT'nin, hastalığa dair farkındalık oluşturmak ve sosyal ritimleri yeniden yapılandırmak gibi hedeflere ulaşabilmesi için hastaların terapi sürecine aktif bir şekilde katılmaları ve uygun psikoeğitim almaları önemlidir. Ayrıca, KİSRT genellikle farmakoterapi ile desteklenmesi gereken bir tedavi yaklaşımıdır ve tek başına yeterli olmayabilir.

Sonuç olarak, KİSRT, özellikle bipolar bozukluk ve depresyon gibi duygudurum bozukluklarında, farmakoterapiye ek olarak önemli bir destekleyici tedavi stratejisi olarak değerlendirilebilir. Terapi, bireylerin sosyal bağlarını güçlendirirken, biyolojik ritimleri düzenlemelerine de yardımcı olur, böylece hastalıkların nüks etme oranlarını azaltabilir. KİSRT'nin etkinliği, doğru hasta seçimi, terapistin deneyimi ve tedaviye uyum gibi faktörlere bağlıdır. Bu terapi yaklaşımının, psikoterapi literatüründe önemli bir yer edinmesi ve gelecekte daha geniş bir hasta kitlesine uygulanabilir olması beklenmektedir. Kişilerarası ilişkiler ve sosyal ritim terapisi, psikiyatri hemşireliği ile birleştiğinde, bireylerin sosyal ve duygusal iyilik hallerinin iyileştirilmesine yönelik etkili bir yöntem sunmaktadır. Psikiyatri hemşirelerinin desteği, tedavi sürecinin tüm yönlerini kapsar ve ruhsal bozukluklarla mücadele eden bireylerin iyileşme süreçlerini hızlandırmaktadır (Olcay, 2005). Psikiyatri hemşireleri, sosyal ritim terapisi gibi yöntemlerle hastaların sosyal bağlarını güçlendirmeleri, onların tedaviye

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

uyumlarını arttırarak daha sağlıklı bir yaşam sürmelerine yardımcı olabilmektedir (Ünal & Çam, 2005).

KAYNAKÇA

1. Altın, G.E. Perinatal Depresyon Tedavisinde Kişilerarası Terapi, Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 4, 2, 188-203, 2012.
2. Frank, E., Swartz, H.A., Kupfer, D.J. Interpersonal and Social Rhythm Therapy: Managing the Chaos of Bipolar Disorder, Biol Psychiatry, 48, 593–604, 2000.
3. Ehlers, C.L., Frank, E., Kupfer, D.J. Social Zeitgebers and Biological Rhythms. A unified Approach to Understanding the Etiology of Depression, Arch Gen Psychiatry, 45, 948–952, 1988.
4. Monk, T.H., Flaherty, J.F., Frank, E., Hoskinson, K., Kupfer, D.J. The Social Rhythm Metric: An İnstrument to Quantify the Daily Rhythms of Life, J Nerv Ment Dis, 178, 120–126, 1990.
5. Çakır, S., Özerdem, A. İki Uçlu Bozuklukta Psikoterapötik ve Psikososyal Sağaltımlar: Sistematik Bir Gözden Geçirme, Türk Psikiyatri Dergisi, 21, 2, 143-154, 2010.
6. Ruan, W., Yuan, X., Eltzschig, H.K. Circadian Rhythm as a Therapeutic Target. Nature Reviews Drug Discovery, 20, 4, 287-307, 2021.
7. Walker, W. H., Walton, J. C., DeVries, A.C., Nelson, R. J. Circadian Rhythm Disruption and Mental Health, Translational Psychiatry, 10, 1, 1-13, 2020.
8. Reid, K. J. Assessment of Circadian Rhythms. Neurologic Clinics, 37, 3, 505-526, 2019.
9. Selvi, Y., Beşiroğlu, L., Aydın, A. Kronobiyoloji ve duygudurum Bozuklukları, Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 3, 3, 368-386, 2011.
10. McClung, C.A. How might Circadian Rhythms Control Mood? Let Me Count the Ways, Biol Psychiatry, 74, 242–249, 2013.
11. Sayar, G., Özten, E., Ünsalver, B.Ö. Bipolar Bozuklukta Kişilerarası İlişkiler ve Sosyal Ritim Terapisinin Temel İlkeleri, Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 6, 4, 438-446, 2014.
12. Grandin, L.D., Alloy, L.B., Abramson, L.Y. The Social Zeitgeber Theory, Circadian Rhythms, and Mood Disorders: Review and Evaluation, Clin Psychol Rev, 26, 679-694, 2006.
13. Gıca, Ş., Selvi, Y. Şizofreni ve Bipolar Bozukluğun Tedavisinde Uyku Alanında Müdahaleler, Archives of Neuropsychiatry/Noropsikiatri Arsivi, 58, 2021.
14. Lemma, A., Hepworth, M., Fonagy, P., Luyten, P., Abrahams, D. Brief Dynamic Interpersonal Therapy 2e, Oxford University Press, 2024.
15. Rogojanski, J., Carney, C.E., Monson, C.M. Interpersonal Factors in İnsomnia: a Model for Integrating Bed Partners into Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia, Sleep Med Rev, 17, 55-64, 2013.
16. Monk, T.H., Flaherty, J.F., Frank, E., Hoskinson, K., Kupfer, D.J. The Social Rhythm Metric: An Instrument to Quantify the Daily Rhythms of Life, J Nerv Ment Dis, 178, 120–126, 1990.
17. Frank, E., Swartz, H.A., Boland, E. Interpersonal and Social Rhythm Therapy: An Intervention Addressing Rhythm Dysregulation in Bipolar Disorder. Dialogues in Clinical Neuroscience, 9, 3, 325-332, 2007.
18. Carta, M.G. Social Change and Increasing of Bipolar Disorders: An Evolutionary Model, Clin Pract Epidemiol Ment Health, 9, 103-109, 2013.
19. Jacobson, N.S., Dobson, K.S., Truax, P.A., Addis, M.E., Koerner, K., Gollan, J.K. A Component Analysis of Cognitive-Behavioral Treatment for Depression, J Consult Clin Psychol, 64, 295–304, 1996.

20. Oral, E., Özcan, H., Güleç, M., Selvi, Y., Aydın, A. Psychotropic Medications Affecting Biological Rhythm, Journal of Mood Disorders, 1, 169-177, 2011.
21. Swartz, H.A., Frank, E., Shear, M.K., Thase, M.E., Fleming, M.A.D., Scott, A.M. A Pilot Study of Brief İnterpersonal Psychotherapy for Depression Among Women, Psychiatr Serv, 55, 448–450, 2004.
22. Bouwkamp, C.G., Kruiff, M.E., Troost, T.M., Snippe, D., Blom, M.J., Winter, R.F. Interpersonal and Social Rhythm Group Therapy for Patients with Bipolar Disorder, Int J Group Psychother, 63, 97-115, 2013.
23. Hlastala, S.A., Kotler, J.S., McClellan, J.M., McCauley ,E.A. Interpersonal and Social Rhythm Therapy for Adolescents with Bipolar Disorder: Treatment Development and Results From an Open Trial, Depress Anxiety, 27, 457-464, 2010.
24. Goldstein, T.R., Fersch-Podrat, R., Axelson, D.A., Gilbert, A., Hlastala, S.A., Birmaher, B. Early Intervention for Adolescents at High Risk for the Development of Bipolar Disorder: Pilot Study of Interpersonal and Social Rhythm Therapy (IPSRT), Psychotherapy (Chic), 51, 180-189, 2014.
25. Frank, E., Soreca, I., Swartz, H.A., Fagiolini, A.M., Mallinger, A.G., Thase, M.E. The Role of Interpersonal and Social Rhythm Therapy in Improving Occupational Functioning in Patients with Bipolar I Disorder, Am J Psychiatry, 165, 1559-1565, 2008.
26. Mulcahy, R., Reay, R.E., Wilkinson, R.B., Owen, C.A. Randomized Control Trial for the Effectiveness of Group Interpersonal Psychotherapy for Postnatal Depression, Archives of Womens Mental Health, 13, 125-139, 2010.
27. Chung, M.S., Tsu, J.H., Kuo, C.C., Lin, P.E. and Chang, T.J. Therapeutic Effect of Dynamic Interpersonal Group Psychotherapy for Taiwanese Patients with Depressive Disorder, International Journal of Group Psychotherapy, 64, 4, 537- 545, 2014.
28. Ray, R. ve Webster, R. Group Interpersonal Psychotherapy for Veterans with Posttraumatic Stress Disorder: A Pilot Study, International Journal of Group Psychotherapy, 60,131-40, 2010.
29. Olcay, E.E. Farkındalık ve Psikiyatri Hemşireliği, Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 21,2, 159-168, 2005.
30. Ünal, G., Çam, O. Affektif Bozukluklarda Psikoterapötik Girişimler ve Psikiyatri Hemşireliği, Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 21, 1, 175-187, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SPORCU SAĞLIĞINDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Doç. Dr. Okan KOÇ
Balıkesir Üniversitesi
okankocbby@gmail.com - 0000-0001-5861-2999

ÖZET

Sporcuların performansı ve sağlığı, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin geliştirdiği yeni araçlarla iyileştirilebilir. Bu araştırma, YZ'nin beslenme, sakatlık önleme, zihinsel sağlık ve spor performansı konusundaki uygulamalarını incelemektedir. Yapay zeka, sporcuların performans verilerini analiz ederek antrenman programlarını optimize eder. Hudl ve Catapult gibi araçlar, sporcuların fiziksel hareketlerini izleyerek performanslarını artırmayı amaçlamaktadır. Zone7 ve Kitman Labs gibi YZ tabanlı sistemler ayrıca sakatlık risklerini tahmin ederek önleyici stratejiler oluşturur. Woebot ve BioBeats gibi akıl sağlığı araçları, sporculara duygusal durumlarını değerlendirmek ve streslerini yönetmek için özelleştirilmiş destek sağlar. Beslenme alanında, Nutrino ve FoodCoach AI, biyometrik verileri analiz ederek sporcuların metabolik ihtiyaçlarına göre beslenme planları oluşturur. Bununla birlikte, YZ uygulamalarının etik sorunları ve veri güvenliği ile ilgili riskleri dikkate alınmalıdır. Sporcuların biyometrik verilerinin izinsiz kullanımı etik ve hukuki açıdan önemlidir. Sonuç olarak, YZ spor bilimlerinde önemli bir fayda sağlar. Bununla birlikte, bu teknolojilerin güvenli ve ahlaki bir şekilde kullanılması gerekir. Gelecekte YZ, daha gelişmiş uygulamalarla sporcu sağlığını destekleyecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Öğrenme Araçları, Sporcu Sağlığı, Spor Bilimleri.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ABSTRACT

Athletes' performance and health can be improved with new tools developed by artificial intelligence (AI) technologies. This research examines the applications of AI in nutrition, injury prevention, mental health, and sports performance. Artificial intelligence optimizes training programs by analyzing athletes' performance data. Tools like Hudl and Catapult aim to enhance athletes' performance by monitoring their physical movements. AI-based systems like Zone7 and Kitman Labs also predict injury risks to develop preventive strategies. Mental health tools like Woebot and BioBeats provide customized support for athletes to assess their emotional states and manage their stress. In the field of nutrition, Nutrino and FoodCoach AI create meal plans tailored to athletes' metabolic needs by analyzing biometric data. However, the ethical issues and data security risks associated with AI applications should be taken into account. The unauthorized use of athletes' biometric data is important from both ethical and legal perspectives. In conclusion, AI provides significant benefits in sports science. However, these technologies must be used safely and ethically. In the future, AI will support athlete health with more advanced applications.

Keywords: Artificial Intelligence, Learning Tools, Athlete Health, Sports Sciences.

1. GİRİŞ

Spor dünyasında rekabet arttıkça, sporcuların sağlıklarının korunması ve performanslarının artırılması giderek daha önemli hale gelmektedir. Yapay zeka (YZ) tabanlı sistemler, geleneksel yöntemlerin manuel gözlemler, genel sağlık protokolleri ve sınırlı veri analizi ile sınırlı kaldığını göstermektedir. Sporcu sağlığı alanında YZ, mevcut durumunuzu değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda gelecekte meydana gelebilecek sağlık sorunlarını öngörebilmeyi ve önleyebilmeyi sağlamaktadır.

YZ, sporcuların farklılıklarını göz önünde bulundurarak gerçek zamanlı ve özelleştirilmiş sağlık yönetimi sağlamaktadır. Bu bağlamda, giyilebilir cihazlardan elde edilen veriler makine öğrenimi algoritmalarıyla analiz edilerek sporcuların sağlık durumu hakkında kapsamlı içgörüler elde edilmekte (Smith et al., 2020), sakatlığı önleme, rehabilitasyon süreçlerinin yönetimi, zihinsel sağlık desteği, beslenme ve uyku takibi gibi YZ teknolojileri çok çeşitli alanlarda kullanılabilmektedir. Sporcuların sağlık yönetimi, özellikle büyük veri analitiği ve sensör teknolojilerinin YZ ile birleşmesiyle değişmiştir. Bu dönüşüm, sporcuların performanslarını en üst düzeye çıkarmalarını sağlamakta, sporcuların antrenman programlarını, yüklenme seviyelerini ve iyileşme süreçlerini kişiselleştirilmiş bir şekilde planlamasına olanak tanımaktadır. Sporcu sağlığı alanında YZ, mevcut durumları değerlendirmenin yanı sıra gelecekteki sağlık sorunlarını öngörme ve önleme yeteneğine sahiptir (Fister et al., 2015).

YZ, sporcuların farklılıklarını göz önünde bulundurarak gerçek zamanlı ve özelleştirilmiş sağlık yönetimi sağlamaktadır. Bu alanda giyilebilir cihazlardan elde edilen veriler makine öğrenimi algoritmalarıyla analiz edilerek sporcuların sağlık durumu hakkında kapsamlı

bilgilerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Khan & Alotaibi, 2020). Sakatlığı önleme, rehabilitasyon süreçlerinin yönetimi, zihinsel sağlık desteği, beslenme ve uyku takibi gibi birçok alanda YZ teknolojileri kullanılmaktadır. Sporcuların sağlık yönetimi, büyük veri analitiği ve sensör teknolojilerinin YZ ile birleşmesiyle değişmiştir (Bai & Bai, 2021).

YZ'nin sporcu sağlığı üzerindeki etkisi sadece fiziksel sağlıkla sınırlı değildir. Ayrıca YZ, sporcuların zihinsel sağlıklarını ve streslerini yönetmelerine yardımcı olmak için önemli araçlar sunmaktadır. Performans, özellikle profesyonel sporcuların yoğun rekabet ortamında stres ve yorgunluk nedeniyle olumsuz etkilenebilir. YZ, bu tür zorlukları analiz ederek sporcuların zihinsel sağlık durumlarını en üst düzeye çıkarmalarına yardımcı olma potansiyeline sahiptir.

Yapay zekanın sporcu sağlığına uygulanması, tüm bu olumlu yönlerine rağmen etik ve teknik sorunları da beraberinde getirmektedir. Sporcuların biyometrik verilerinin toplanması ve işlenmesi veri gizliliği noktasında nasıl bir yol izlenmesi gerektiğini ön plana çıkarmaktadır. Bununla birlikte, YZ algoritmalarının güvenilirliği ve doğruluğu, sporcuların sağlığını önemli ölçüde etkileyebileceği için dikkatli bir şekilde test edilmesi gerektiği göz edilmemelidir.

Bu araştırmada YZ'nin sporcu sağlığı uygulamaları ele alınmaktadır. Öncelikle YZ'nin sakatlık önleme ve rehabilitasyon süreçlerindeki rolü incelenecektir. Ardından, beslenme, uyku takibi ve zihinsel sağlık gibi alanlarda etkileri tartışılacaktır. Son olarak, YZ'nin sporcu sağlığındaki kullanımına ilişkin mevcut engeller ve gelecekteki olasılıklar değerlendirilecektir. Bu kapsamlı incelemenin amacı, YZ'nin sporcu sağlığına olan katkılarını anlamak ve bu teknolojinin spor dünyasındaki etkisini geliştirmek için bir temel oluşturmaktır.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, YZ teknolojilerinin sporcuların sağlığını nasıl etkilediğini kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. YZ teknolojilerinin, sporcuların fiziksel ve zihinsel sağlıklarını yönetmek, sakatlık önlemek, rehabilitasyon, beslenme, uyku takibi ve psikolojik dayanıklılık gibi çeşitli konularda potansiyel olarak kullanabileceği teknolojileri tartışmak ve gelecekteki uygulama alanları hakkında fikir sunmak hedeflenmektedir. Ayrıca, YZ'nin sporcu sağlığı alanında karşılaştığı etik, teknik ve pratik sorunlar ve bunların nasıl çözülebileceğine dair çözüm önerileri sunulacaktır.

Araştırma yöntemi olarak literatür taraması benimsenmiştir. Literatür taraması, araştırmacılara belirli bir konu hakkında kapsamlı bilgi sağlamak ve ilgili teorileri, uygulamaları ve eğilimleri incelemek için temel bir yöntemdir (Snyder, 2019). YZ'nin sporcu sağlığına olan etkilerine ilişkin güncel araştırmalar ve incelemeler incelenmiş ve ilgili veriler toplanmıştır. Özellikle YZ tabanlı sağlık yönetim sistemleri, makine öğrenimi algoritmalarının sağlık üzerindeki etkileri, büyük veri analitiği ve sensör teknolojilerinin sporcu sağlığına etkileri gibi konulara odaklanılmıştır. Araştırmada, YZ'nin sporcuların sağlık yönetimindeki rolü hakkında genel bir bakış açısı sunabilmek adına çeşitli veritabanları ve kaynaklardan yararlanılmıştır. Ayrıca mevcut literatüre dayalı olarak, YZ'nin uygulamalarında karşılaşılan etik ve teknik sorunlar ve bu sorunların çözümüne dair öneriler tartışılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Sakatlık Önleme ve Risk Yönetimi

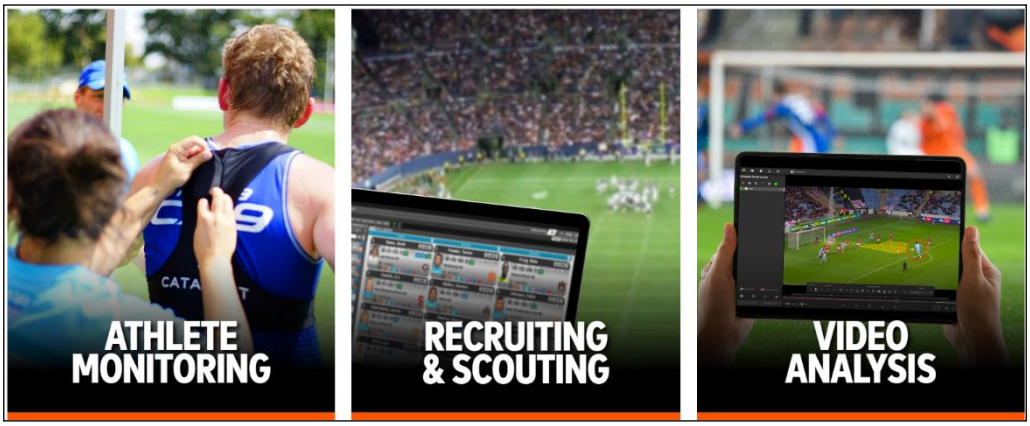
Sakatlık riskini öngörme ve önleme yeteneği ile YZ sporcu sağlığını önemli ölçüde desteklemektedir. Sporcuların hareketlerini kaydeden giyilebilir cihazlar, kalp atış hızlarını, kas

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

aktivitelerini ve hareket açıklığını izleyerek sakatlıkların ilk belirtilerini keşfetmektedir.

Makine öğrenimi algoritmaları, gerçek zamanlı ölçümler ve geçmiş veriler kullanarak sakatlık risk faktörlerini analiz ederek kişiselleştirilmiş öneriler sağlamaktadır. Örneğin, Catapult ve Zebra MotionWorks gibi araçlar, sporcuların antrenman yüklerini analiz ederek aşırı yüklenmeyi önlemeye yardımcı olmaktadır.

- **Catapult Sports:** Oyuncuların antrenman yükünü takip etmek için giydikleri monitörlerin kullanımı, son yıllarda bu teknolojideki gelişimle artmıştır. Profesyonel spor takımları, rekabet avantajı elde etmek için bu teknolojiyi kullanarak antrenman verimliliğini artırmakta ve sakatlıkları en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Akenhead ve Nassis, 2016).
  Catapult Sports, sporcuların performansını en üst düzeye çıkarmak ve sakatlık risklerini azaltmak için yapay zeka (YZ) ve gelişmiş veri analitiği çözümleri sunan lider bir şirketler arasında yer almaktadır. Avustralya Melbourne merkezli bu şirket, 100'den fazla ülkede 4.200'den fazla elit takıma hizmet vermektedir (Catapult, 2024).
  Catapult Sports gibi sistemlerde oyuncuların yaş, sakatlık geçmişi ve mevcut kondisyon gibi verileri değerlendirilmektedir. Sistem bir oyuncunun antrenman yükünü izlemek, kondisyon seviyelerini ve antrenmana verilen bireysel tepkiyi değerlendirmek için kullanılabilir. Bununla birlikte, maçlardan elde edilen veriler, antrenman programlarını modellemek için kullanılabilmekte, antrenmanlar daha etkili yürütülebilmekte benzer antrenmanlar arasında oyuncu performansının nasıl değiştiğini görmek için karşılaştırmalar yapılabilmektedir (McLaren ve diğerleri, 2016; Bowen ve diğerleri, 2017).



Resim 1. Catapult Sports kullanıcı arayüzü

Catapult, sporcuların performansını izlemek için giyilebilir sensörler ve cihazlar kullanır. Bu cihazlar, oyuncuların hareketlerini, kalp hızlarını ve diğer biyometrik verilerini gerçek zamanlı olarak toplamaktadır. YZ algoritmaları, toplanan verileri işleyerek antrenman ve maç performansı hakkında kapsamlı bilgiler sağlar. Örneğin, Catapult'un Vector Elite 2.1 kalp atış hızı monitörü, kadın sporcuların kalp atış hızlarını doğru ve güvenilir bir şekilde ölçebilir.

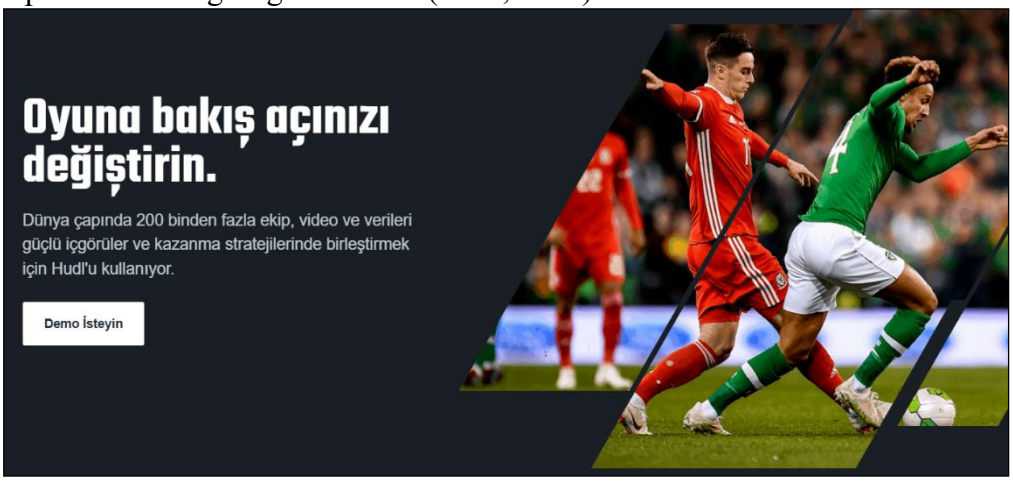
Catapult'un Thunder platformu, sporcuların performansını video analizi kullanılarak değerlendirir. Oyuncu hareketlerini ve takım stratejilerini incelemek için bu platformdan antrenman ve maç videoları analiz edilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu, sporcuların ve antrenörlerin performanslarını iyileştirmek için veri odaklı kararlar almalarını sağlamaktadır (Catapult, 2024).

Catapult'un ClearSky T6 yerel konumlandırma sistemi, sporcuların konumunu, kat edilen mesafelerini ve anlık hızlarını yüksek doğrulukla ölçmektedir. Bir araştırma, bu sistemin güvenilirliği ve doğruluğu üzerinde durmuştur. Sporcuların saha üzerindeki hareketlerini doğru bir şekilde izleyerek, sistem sakatlık öncesi uyarılar ve performans analizleri yapmak için kullanılmaktadır (Hodder ve diğerleri, 2020).

- **Hudl Sportscode:** Hudl Sportscode, sporcuların performansını değerlendirmek, antrenman programlarını optimize etmek ve stratejik kararlar almak için yapay zeka (YZ) tabanlı video analizi, veri işleme ve araçlar sunan bir platformdur. Bu yazılım, antrenörlere ve analistlere oyuncuların ve takımların performansını daha verimli bir şekilde izleme, analiz etme ve raporlama olanağı sağlamaktadır (Hudl, 2024).



Resim 2. Hudl Sportscode kullanıcı arayüzü

Hudl Sportscode, kullanıcılara özelleştirilebilir kodlama pencereleri ve istatistiksel komutlar sunarak video analizi yapmaktadır. Kullanıcılar, antrenman ve maç videolarını yükleyerek etiketleme, analiz yapma ve özel raporlar oluşturabilirler. Bu durum, antrenörlere oyundaki kritik anları ve oyuncuların performansını kapsamlı bir şekilde inceleme olanağı sağlar. Video verilerinin işlenmesiyle, sistem sporcuların performanslarını analiz eder ve gelişim alanlarını belirlemeye yardımcı olmaktadır (Hudl, 2024). Hem video hem de istatistikler yoluyla analiz yapılmasını sağladığı bilinen Hudl gibi analiz yazılımları son zamanlarda popüler hale gelmiştir. Bu tür yazılımların yıllık lisans ücretinin yüksekliği ve kullanım kolaylığının düşüklüğü bir sorun olarak görülmektedir (Bani ve Yamamoto, 2022).

- **Zebra MotionWorks:** Zebra MotionWorks, bir oyuncunun ve topun hareket verilerini yakalamak için tasarlanmış Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) sistemidir. İki RFID sensörü, bir futbolcunun omuzluklarına yerleştirilmekte ve bir etiket sensörü futbol topuna takılmaktadır. MotionWorks, diğer tüm RFID cihazları gibi, nesnelerin hareket takibi için geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Sporcu performans analitiği uygulaması açısından, bir sporcunun ve topun hareketini izlemek için kullanılır. Antrenörler, elde edilen

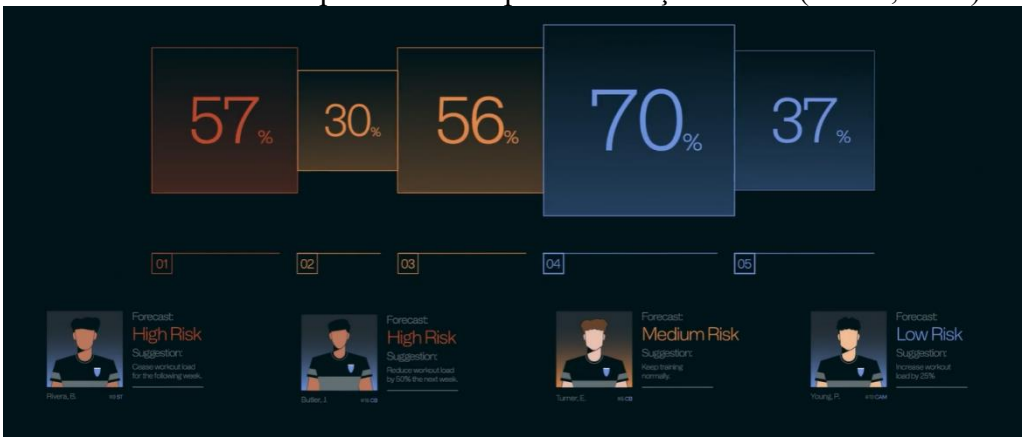
verileri örneğin, grup ve formasyon analizi, koşu desenleri, oyuncu ve top hızı, pas kapsama, ayrılma mesafeleri ve oyun kurucu baskısını değerlendirmek için kullanabilirler (Prangnell, 2021).



Resim 3. Zebra MotionWorks Learning kullanıcı arayüzü

Zebra'nın topladığı bilgiler, profesyonel futbolun nasıl izlendiğini, analiz edildiğini, koçluk yapıldığını ve oynandığını değiştirme kapasitesine sahiptir. Taraftarlar stadta ya da evde takımlarının ve oyuncularının performansları hakkında yeni bilgiler ve istatistiklerle zenginleştirilmiş bir oyun deneyimi yaşamaktadır (Socolow, 2016).

- **Zone7:** Zone7, sporcuların sakatlık riskini tahmin etmek ve önlemek için yapay zeka (YZ) tabanlı çözümler sağlamaktadır. Sistem, sporcuların performans verilerini analiz ederek sakatlık olasılığını tespit eder ve önleyici önlemler alır. Zone7, çeşitli kaynaklardan sporcuların antrenman yükünü, sakatlık geçmişini ve diğer biyometrik verilerini toplar. Giyilebilir cihazlar, antrenman raporları ve sağlık kayıtları gibi çeşitli teknolojiler bu verileri toplamakta kullanılmaktadır. YZ ve makine öğrenmesi algoritmaları toplanan verileri analiz eder. Bu analizin amacı, sakatlık riskini etkileyen unsurları belirlemektir ve her bir sporcunun risk profilini oluşturmaktır (Zone7, 2024).

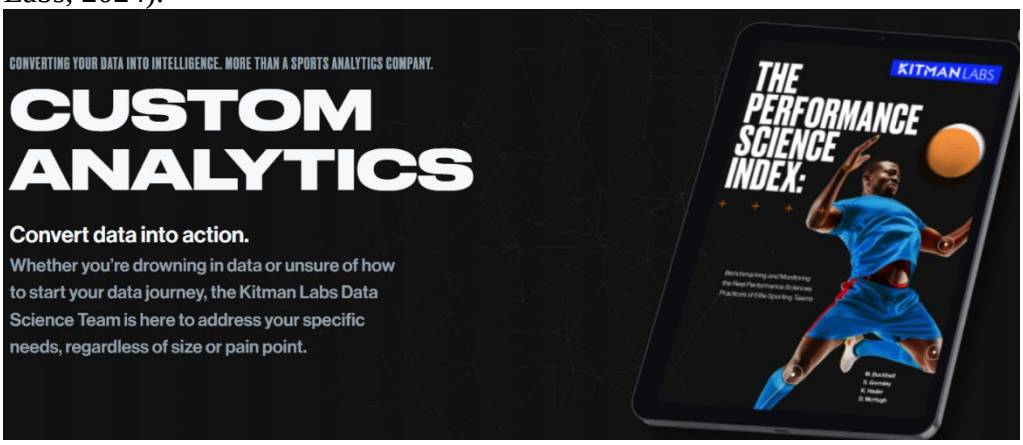


Resim 4. Zebra MotionWorks Learning kullanıcı arayüzü

- **Kitman Labs:** Kitman Labs'ın platformu, sporcuların performansını ve sağlığını optimize etmek için yapay zeka ve veri analitiği çözümleri sağlamaktadır. Bu platform, antrenörlere ve sağlık ekiplerine sporcuların antrenman yüklerini, sakatlık risklerini ve iyileşme süreçlerini izlemelerinde yardımcı olmaktadır. Sporcuların performans metrikleri, antrenman yükleri ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

biyometrik verileri giyilebilir cihazlar ve sensörler kullanılarak toplanmaktadır. Makine öğrenimi ve yapay zeka, toplanan verileri analiz etmek için kullanılır. Bu analizler, performans trendlerini belirlemek, sakatlık risklerini öngörmek ve iyileşme süreçlerini izlemek gibi konularda içgörüler sağlamaktadır (Kitman Labs, 2024).



Resim 5. Kitman Labs kullanıcı arayüzü

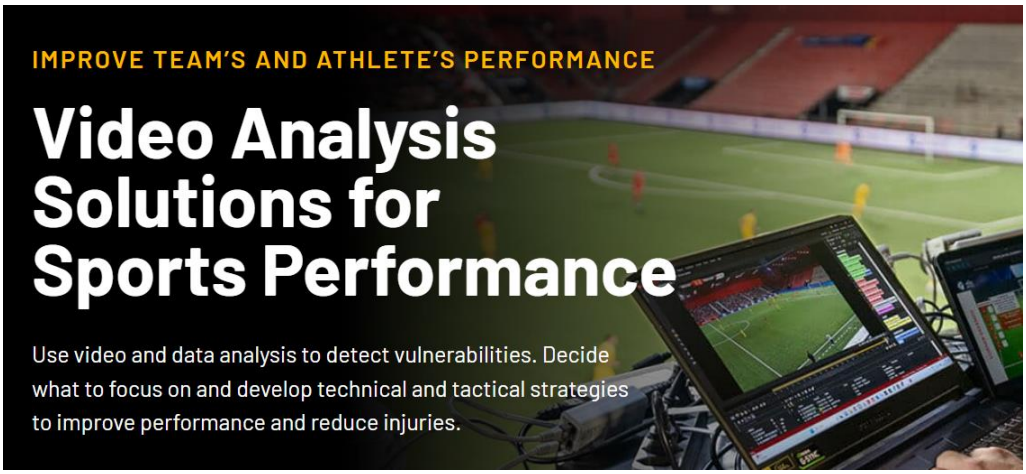
3.2. Rehabilitasyon ve İyileşme Süreçleri

Sporcuların yaralanmalarında, fiziksel fonksiyonların geri kazanılmasında ve genel sağlık durumlarının iyileştirilmesinde rehabilitasyon ve iyileşme süreçleri çok önemlidir. Bu süreçler, biyolojik ve psikolojik yönlerden etkilenir ve genellikle kişiye özel bir yaklaşım gerektirir. Sporcuların performanslarını sürdürebilmeleri ve geri dönüşlerini hızlandırmaları için doğru iyileşme prosedürlerinin uygulanması gerekmektedir.

- **Physiomax:** Sporcuların hareket modellerini biyomekanik analiz yoluyla inceleyerek sakatlık riskini değerlendiren ve önleyici egzersizler öneren bir sistemdir. Rehabilitasyon sırasında, bir sporcunun hareket kalitesini ölçerek ilerlemesini izler.
  Sakatlık sonrası hareket analizleri, Physiomax tarafından sporcuların rehabilitasyonun her aşamasında kişiselleştirilmiş değerlendirmeleri sağlar. Bunun yanısıra, dinamik analizleri sporcuların normal hareket kapasitelerine ne zaman dönebileceğini tahmin edebilmektedir (Krosshaug ve diğerleri, 2007).

- **Dartfish:** Sporcuların hareketlerini video analizi yoluyla izler ve inceler. YZ algoritmaları ile hareket ve postür paternlerini değerlendirerek, antrenörlere ve fizyoterapistlere, sporcuların nasıl hareket etmeleri gerektiğini belirlemede yardımcı olmaktadır. Dartfish, rehabilitasyon sürecinde sporcuların biomekanik analizini sağlar. Bu analiz, kas dengesizliklerini ve yanlış hareketleri bulmalarına yardımcı olur. Bu analizler kişiye özel tedavi planları oluşturur (Dartfish, 2024).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Resim 6. Dartfish kullanıcı arayüzü

Klinik uygulamalarda, video tabanlı hareket analizi, tedaviye karşılık gelen hareketin kinematik değişikliklerini değerlendirmek için kullanılır. Dartfish, hareket analizi için mükemmel bir yazılımdır; ayrıca, klinik ortamlarda hastaların tedavi ilerlemesini izlemek ve değerlendirmek için bağlamsal olarak ilgili geri bildirim sağlamaktadır. Yazılım, çeşitli kaynaklardan gelen videoları analiz ederek, hareketin uzamsal ve zamansal analizini kolaylaştırmak için kinematik çıktılar oluşturmaktadır. Dartfish, karmaşık fonksiyonel görevleri (örneğin yürüme ve kaldırma) ve spor performansını (örneğin hızlı yürüyüş ve sprint) değerlendirmek için kullanılmaktadır (Melton ve diğerleri, 2011; Norris ve Olson, 2011; Borel ve diğerleri, 2011).

Dartfish, x, y uzamsal koordinatları, hız, genlik, frekans ve hareket süresi gibi video girişlerinden çeşitli hareket parametrelerini belirleme yeteneğine sahiptir. Bu parametreler, görev performansıyla ilgilidir. Hareketteki değişiklikleri ve görev performansındaki karşılık gelen iyileştirmeleri bulmak için klinik uygulamalar da dahil olmak üzere omuz mekaniği, omuz cerrahis gibi çok çeşitli durumlarda kullanılabilmektedir (Khadilkar ve diğerleri, 2014).

- **NeuroGym:** Sporcuların kas gücünü ve nöromotor kontrolünü geliştirmek için tasarlanmış bir sistemdir. NeuroGym yapay zeka destekli olarak, sporcuların hareketlerini daha hassas hale getiren ve zayıflamış kas gruplarını hedefleyen özelleştirilmiş egzersizler sunmaktadır.
  Özellikle nörolojik sakatlıklar yaşayan sporcular tarafından denge ve koordinasyon becerilerinin yeniden kazanılması amacıyla kullanılmaktadır (Frost et al., 2017).
  Python çerçevesinde geliştirilen NeuroGym, denetimli ve pekiştirmeli denetim tekniklerini kullanarak sinir ağlarını geliştirmeyi ve veri analizleri sağlamayı amaçlamaktadır (Molano-Mazon ve diğerleri, 2022).

- **AI-Powered Exoskeletons (YZ Tabanlı Egzoskeletonlar):** Fiziksel terapi ve rehabilitasyonda, sporcuların hareket yeteneklerini geliştirmek için kullanılır. YZ algoritmaları, sporculara özelleştirilmiş hareket destekleri sağlamakta ve sakatlık sonrası mobilite, YZ tabanlı egzoskeletonlar kullanılarak iyileştirilmektedir. Özellikle omurga ve alt ekstremite sakatlıklarının tedavisinde etkilidir.

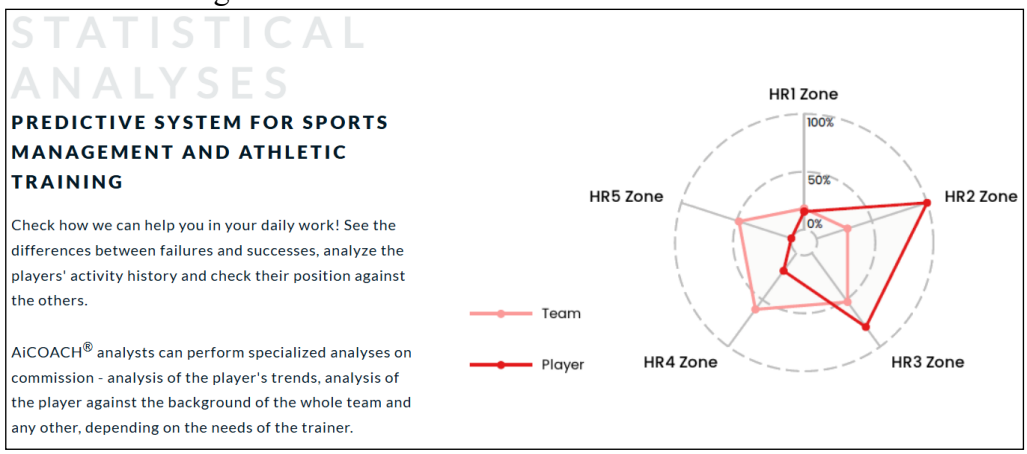
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Resim 7. AI-Powered Exoskeletons (YZ Tabanlı Egzoskeletonlar) örneği

Omurilik yaralanması olan sporcuların ayağa kalkmasına ve hareket etme becerilerini yeniden kazanmasına yardımcı olmak için dış iskeletler rehabilitasyonda kullanılmaktadır. Bu etkileyici dış iskeletler, felç, fiziksel yaralanma veya hastalık nedeniyle zayıflığı olan insanlar için bir rehabilitasyon aracı olarak hizmet etmektedir.

- **AI Coach:** Sporcuların rehabilitasyon süreçlerini izleyen ve onlara kişiselleştirilmiş antrenman programları sunan bir koçluk platformudur. Egzersiz önerileri oluşturur ve fiziksel verileri analiz eder. AI Coach, sporcuların rehabilitasyon programlarını özelleştirmek ve günlük aktivitelerini en üst düzeye çıkarmak için kullanılmaktadır. Sakatlık sonrası sporcuların doğru şekilde toparlanmasını sağlamak için sürekli geri bildirim sağlaması önemli bir özelliğidir.



Resim 8. AI Coach kullanıcı arayüzü

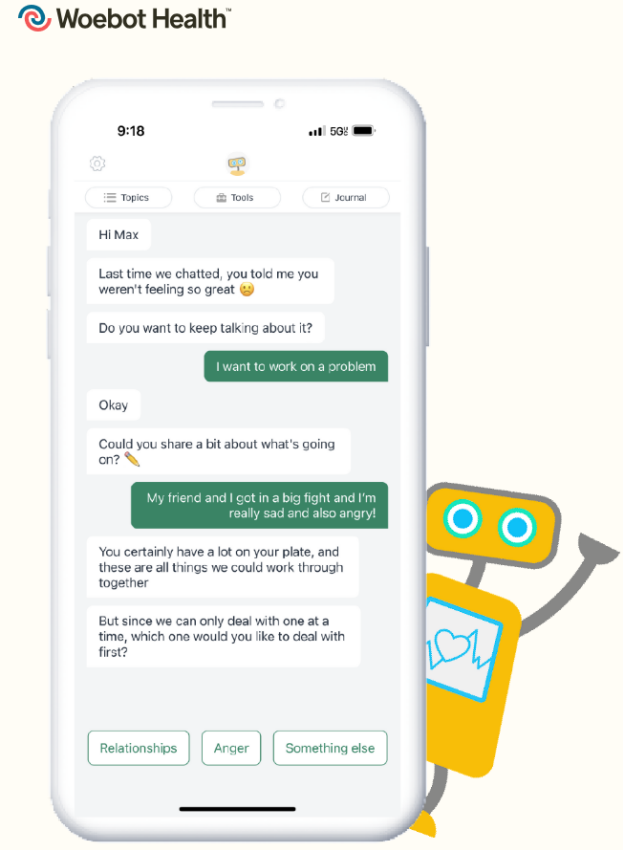
Sistem, gerçek iletişim merkezlerinden toplanan çok sayıda veri üzerinde eğitildiği için yapay zeka koçluğu etkili önerilerde bulunabilmektedir (Laskar ve

diğerleri, 2023). AiCOACH, antrenörlere, sporculara ve ebeveynlere kullanımı kolay tek bir uygulama sistemi sağlamak için en yeni teknoloji ve teknikleri derlemektedir. Hem bireysel oyuncuların hem de spor takımlarının mevcut performanslarını geliştirmelerine ve gelecekteki performanslarını doğru bir şekilde tahmin etmelerine yardımcı olmak için gelişmiş sayısal, matematiksel ve istatistiksel verileri toplar ve analiz eder (AiCOACH, 2024).

3.3. Zihinsel Sağlık ve Stres Yönetimi

Yapay zeka (YZ), stres ve zihinsel sağlık sorunlarını çözmek için yenilikçi çözümler sunarak sporcuların yaşam kalitesini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu teknolojiler, kullanıcıların zihinsel sağlık durumlarını analiz ederek, stres seviyelerini ölçer ve kişiselleştirilmiş tavsiyelerde bulunur. YZ tabanlı araçlar, profesyonel terapistler ve bireysel kullanıcılar için destek sağlamaktadır.

- **Woebot Health:** Woebot Health, bilişsel davranışçı terapi (CBT) yöntemlerini kullanarak kullanıcılarının duygularını takip eder ve onlara tavsiyelerde bulunur. Woebot, bir çalışmada kullanıcıların anksiyete ve depresyon seviyelerini düşürmede etkili olduğunu göstermiştir (Fitzpatrick ve diğerleri, 2017).



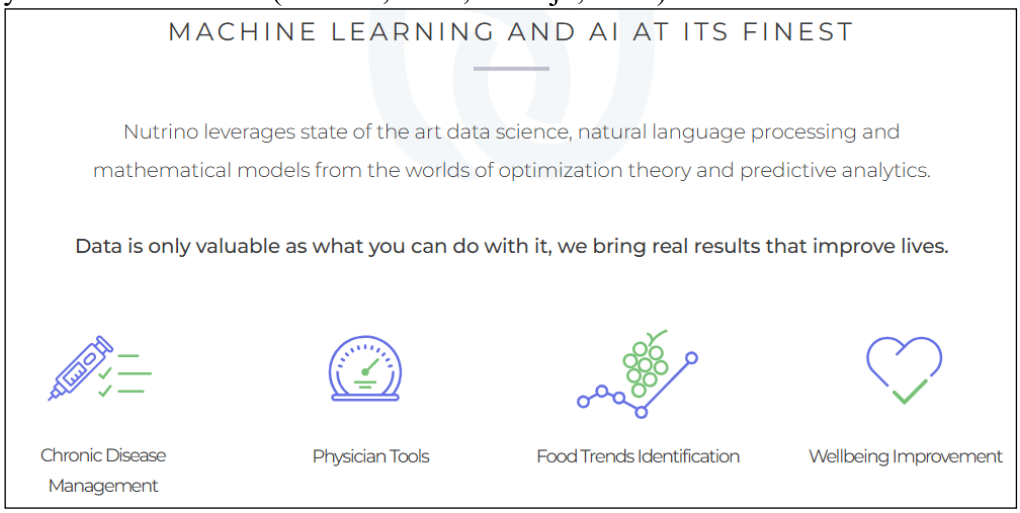
Resim 9. Woebot kullanıcı arayüzü

Woebot, günlük konuşmalar ve ruh hali takibi yoluyla sunmak için geliştirilmiş bir otomatik konuşma aracısıdır. Woebot, platformdan bağımsız olarak mobil veya masaüstü cihazlarda çalışan bir anlık mesajlaşma uygulamasıdır. Her etkileşim, (örneğin, "Şu anda dünyanızda neler oluyor?") veya ruh hali (örneğin, "Nasıl hissediyorsun?") hakkında genel bir sorgulama ile başlar ve yanıtlar, o

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

andaki etkiyi temsil etmek için kelime veya emoji görüntüleri olarak verilir. Katılımcıların duygudurum verileri toplandıktan sonra öğretimi kolaylaştırmak için tasarlanmış kısa "kelime oyunları" yoluyla veya kısa bir videoya bağlantıyla geri dönüş sağlanır. Botun konuşma tarzı, sosyal söylem ve insan klinik karar verme mekanizmaları üzerine inşa edilmiştir. Bot, katılımcıların girdiği ruh haline uygun empatik ruh haline uygun yanıt verme, ulaşılmak istenen kısa vadeli ruh hali hedeflerine destek olma, herhangi bir hedef doğrultusunda motivasyon sağlama gibi terapötik süreç odaklı özelliklere sahiptir (Towery, 2016).

- **Nutrino:** Nutrino, yapay zeka ile geliştirilen bir beslenme platformudur. Kullanıcı sağlık profillerini, beslenme tercihlerini ve yaşam tarzı verilerini analiz ederek kişiye özel yemek planları ve beslenme önerileri sağlar. Platform, çeşitli giyilebilir cihazlar ve sağlık uygulamaları tarafından gerçek zamanlı olarak kullanılan sağlık verilerini kullanır ve kullanıcı yorumlarını değerlendirerek önerilerini günceller. Nutrino, kişiselleştirilmiş yemek planlaması, sağlık cihazları ve uygulamalarıyla entegrasyon, yapay zeka destekli gıda analizi, kapsamlı bir gıda veritabanı, akıllı alışveriş listeleri oluşturma ve besin takibi gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca, gıda günlüğü ve tarif önerileri gibi araçlarla kullanıcıların beslenme alışkanlıklarının izlenmesine yardımcı olmaktadır (Nutrino, 2024; Aimojo, 2024).



Resim 10. Woebot kullanıcı arayüzü

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yapay zeka (YZ), sporcuların performansını ve sağlığını nasıl koruyacağını dönüştürmüştür. Bu çalışma, YZ tabanlı sistemlerin sakatlığı önleme, rehabilitasyon, zihinsel sağlık yönetimi ve genel sağlık takibi gibi çeşitli alanlarda önemli faydaları olduğunu göstermiştir. Giyilebilir cihazlar, makine öğrenimi algoritmaları ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerin entegre kullanımı, sporcuların sağlık durumlarını gerçek zamanlı olarak yönetmek için özelleştirilmiş çözümler sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin kullanılması için etik ve teknik sorunlar önemli bir engel oluşturmaktadır. YZ algoritmalarının doğruluğu, veri gizliliği ve erişim maliyetleri, bu alanda ilerlemenin önünde duran ana engeller görülmektedir. YZ, sporcuların fiziksel sağlığına ek olarak zihinsel dayanıklılık ve stres yönetimi gibi önemli konularda yeni çözümler sunar. Bununla birlikte, bu teknolojilerin daha geniş bir sporcu kitlesine ulaşması ve yaygın olarak benimsenmesi için kapsamlı stratejiler gereklidir.

YZ'nin sporcu sağlığında daha yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için öncelikle YZ tabanlı platformlara ve giyilebilir cihazlara daha fazla yatırım yapılmalıdır. Sporcular, antrenörler ve sağlık personeli, YZ teknolojilerinin faydaları ve dezavantajları hakkında bilgilendirilmelidir. Uluslararası standartlara uygun protokoller geliştirilmelidir ve verilerin güvenliği ve gizliliği sağlanmalıdır. YZ algoritmalarının doğruluğunu artırmak ve çeşitli spor dallarına özel çözümler üretmek için araştırma ve geliştirmeye önem vermek yerinde olacaktır. Bu teknolojilerin küçük kulüpler ve bireysel sporcular tarafından benimsenmesi, kullanım ve lisans maliyetlerinin düşmesiyle daha kolay olacaktır. Woebot gibi zihinsel sağlık destekleyici araçların profesyonel sağlık hizmetleriyle birleştirilmesi teşvik edilmeli, yasal ve ahlaki düzenlemelerle sporcuların hakları korumalıdır. Bu öneriler, YZ'nin sporcu sağlığı üzerindeki etkisini artırarak spor çevresini daha sürdürülebilir hale getirecektir.

KAYNAKÇA

1. Aimojo. (2024). *AI-powered nutrition platform for personalized health and wellness*. Retrieved from https://aimojo.io/tr/tools/nutrino/
2. AiCOACH (2024). https://www.aicoach.com/
3. Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. International Journal of Sports Physiology and Performance, 11(5), 587-593. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0045
4. Bai, Y., & Bai, X. (2021). Artificial intelligence and wearable technologies in sports: A review. Journal of Advanced Sport Science and Technology, 12(4), 210-220. https://doi.org/10.1016/j.jast.2021.08.001
5. Bani, R., & Yamamoto, Y. (2022, November). Development of an R-Shiny-Based Shooting Area Visualization Application for Use in Basketball. In *2022 20th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)* (pp. 1-6). IEEE.
6. Borel, S., Schneider, P., & Newman, C. J. (2011). Video analysis software increases the interrater reliability of video gait assessments in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, *33*(4), 727-729
7. Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. British Journal of Sports Medicine, 51(5), 452-459. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820
8. Catapult. (2024). Catapult Sports Official Website. https://www.catapultsports.com

9. Dartfish. (2024). Dartfish Video Analysis for Sports Performance. https://www.dartfish.com

10. Fister, I., Ljubic, K., & Fister, I. (2015). Computational intelligence in sports: Challenges and opportunities within a growing field. Artificial Intelligence in Sports, 10(3), 250-264. https://doi.org/10.1016/j.ais.2015.09.007

11. Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., & Vierhile, M. (2017). Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): A randomized controlled trial. JMIR Mental Health, 4(2), e19. https://doi.org/10.2196/mental.7785

12. Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2017). Neuromuscular control and athletic performance: A review of current concepts. Journal of Strength and Conditioning Research, 31(3), 888-900. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001576

13. Hodder, J. N., Waddington, G., & Adams, R. (2020). Reliability and validity of local positioning systems in sport. Journal of Sports Sciences, 38(9), 977-986. https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706568

14. Hudl. (2024). Hudl Sportscode: Video analysis for sports performance. https://www.hudl.com

15. Khadilkar, L., MacDermid, J. C., Sinden, K. E., Jenkyn, T. R., Birmingham, T. B., & Athwal, G. S. (2014). An analysis of functional shoulder movements during task performance using Dartfish movement analysis software. *International journal of shoulder surgery*, *8*(1), 1.

16. Kitman Labs. (2024). *Revolutionizing athlete performance with AI and data analytics*. Retrieved from https://kitmanlabs.com

17. Krosshaug, T., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2007). Video analysis of injuries and motion patterns in sports: Current practices and challenges. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 17(5), 512-519. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00655.x

18. MacIntyre, T. E., Jones, M., & McGeown, S. (2017). Mental health and well-being in sport: Addressing the challenges of pressure and performance. Sports Medicine, 47(6), 925-935. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0639-8

19. McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2016). The relationships between internal and external measures of

training load and intensity in team sports: A meta-analysis. Sports Medicine, 46(4), 623-641. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-9

20. Melton, C., Mullineaux, D. R., Mattacola, C. G., Mair, S. D., & Uhl, T. L. (2011). Reliability of video motion-analysis systems to measure amplitude and velocity of shoulder elevation. *Journal of Sport Rehabilitation, 20*(4), 393-405.

21. Molano-Mazon, M., et al. (2022). Enhancing neuromuscular coordination through machine learning and AI-based rehabilitation. Journal of Neural Engineering, 19(3), 032001. https://doi.org/10.1088/1741-2552/ac479f

22. Norris, B. S., & Olson, S. L. (2011). Concurrent validity and reliability of two-dimensional video analysis of hip and knee joint motion during mechanical lifting. *Physiotherapy theory and practice, 27*(7), 521-530.

23. Nutrino. (2024). *Personalized nutrition insights for a healthier lifestyle*. Retrieved from https://nutrinohealth.com

24. Prangnell, L. (2021). NFL data analytics: Exploring the intersection of RFID tracking and player performance analysis. *Lee Prangnell Research Papers*. Erişim Adresi: https://www.leeprangnell.com/pdf/lee_prangnell_nfl_data_analytics.pdf

25. Smith, A. L., et al. (2020). Machine learning in wearable technologies for sports performance. Journal of Applied Sports Science, 15(4), 150-175.

26. Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 104, 333-339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

27. Socolow, M. (2016). The Zebra MotionWorks sports tracking system: Insights and innovations. Journal of Sports Technology, 14(2), 120-129.

28. Towery, M. (2016). Understanding therapeutic bots in mental health: Development and applications of Woebot. Journal of Behavioral Health Technology, 12(3), 250-268.

29. Zone7. (2024). Validation study: Injury risk forecasting with Zone7 AI. *Zone7 Official Website*. Retrieved from https://zone7.ai/case-studies/validation-study/validation-study-injury-risk-forecasting-with-zone7-ai/

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SAĞLIK OKURYAZARLIĞI VE BİLGİ OKURYAZARLIĞI: TIBBİ DOKÜMANTASYON VE SEKRETERLİK PROGRAMI ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ

Doç. Dr. Okan KOÇ
Balıkesir Üniversitesi
okankocbby@gmail.com - 0000-0001-5861-2999

ÖZET

Bu araştırma, tıbbi dokümantasyon ve sekreterlik programı öğrencilerinin sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı düzeyleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya yönelik gerçekleştirilmektedir. Elde edilen veriler, öğrencilerin bu iki alandaki becerilerinin birbiriyle güçlü bir şekilde bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, öğrencilerin eğitim süreçlerinde daha fazla desteklenmesi gerekmektedir. Çalışma, tıbbi dokümantasyon ve sekreterlik programı öğrencilerinin sağlık okuryazarlığı ile bilgi okuryazarlığı becerileri arasında güçlü bir bağlantı olduğunu göstermiştir. Katılımcılar, sağlık bilgilerini doğrulamak için güvenilir kaynakları kontrol etme yöntemini sıklıkla tercih ederken, dijital araçları kullanma konusunda farklı düzeylerde yeterlilik göstermektedir. Kadın öğrenciler kaynakların güvenilirliğini kontrol etmeye daha fazla önem verirken, erkek öğrenciler bilgileri karşılaştırmaya daha fazla yöneldiği tespit edilmiştir. Katılımcıların çoğu, bu alanda daha fazla bilgi edinmek için bir eğitim programına katılmak istediklerini belirtmiştir. Bulgular, sağlık ve bilgi okuryazarlığı becerilerinin eğitim süreçlerinde bütünleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık okuryazarlığı, Bilgi okuryazarlığı, Tıbbi dokümantasyon, Bilgiye erişim

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ABSTRACT

This research is conducted to reveal the relationship between the levels of health literacy and information literacy among students of the medical documentation and secretarial program. The obtained data show that the students' skills in these two areas are strongly interconnected. Therefore, students need to be supported more in their educational processes. The study has shown that there is a strong connection between health literacy and information literacy skills among students of the medical documentation and secretarial program. Participants frequently prefer the method of checking reliable sources to verify health information, while showing varying levels of proficiency in using digital tools. Kadın öğrenciler kaynakların güvenilirliğini kontrol etmeye daha fazla önem verirken, erkek öğrenciler bilgileri karşılaştırmaya daha fazla yöneldiği tespit edilmiştir. Most participants stated that they would like to attend a training program to gain more knowledge in this area. The findings indicate that health and information literacy skills should be integrated into educational processes.

Keywords: Health literacy, Information literacy, Medical documentation, Access to information

1. GİRİŞ

Bilgi Okuryazarlığı Standartlarının oluşturulması (Association of College and Research Libraries [ACRL], 2000) ve ardından **Bilgi Okuryazarlığı Çerçevesinin** (Association of College and Research Libraries [ACRL], 2015) geliştirilmesi devamında bilgi bilim alanında bilgi okuryazarlığı konusunun ön plana çıkmasına olanak sağlamıştır. Akademisyen ler ve bilgi profesyonelleri kütüphaneciler, her eğitim düzeyinde bilgi okuryazarlığı çabalarına öncülük etmiş ve ulusal ve bölgesel kütüphane organizasyonları, bilgi okuryazarlığının kavranması ve uygulanmasını destekleyen standartları belirlemiş ve tanımlamıştır (Julien ve Genuis, 2011).

Bilgi okuryazarlığıyla ilgili makalelerin 2010 ile 2015 yılları arasında sabit bir düzeyde yayınlandığını gösteren araştırmalar, Library and Information Science Technology Abstracts (LISTA) üzerinde yer almaktadır (Detlor et al., 2011).

Diğer taraftan hem sağlık araştırmacıların hem de kütüphanecilerin bu kavramlar hakkında bireysel ve ortak çalışmalar gerçekleştirdiği görülmektedir. Başta hemşirelik olmak üzere sağlık literatüründe sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı ile ilgili makaleleri aramak zaman zaman karışıklığa sebebiyet vermektedir. Hemşirelik literatürünü destekleyen veritabanlarında sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı için konu başlıkları ve tanımlayıcılar eksikliği bu durumun en temel sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, makale başlığında "sağlık okuryazarlığı" bulunan girdilere CINAHL veritabanında "bilgi okuryazarlığı" ana konu başlığı olarak atanan birçok örnek yer almaktadır (Mokhtar ve diğerleri, 2008). Bu durum kavram karmaşışını da beraberinde getirmektedir.

Sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı kavramları, ilk kez 1974 yılında ortaya çıkmıştır. **Simonds**, "Health Education as Social Policy" adlı makalesiyle ilk kez "sağlık okuryazarlığı" terimine dikkat çekmiş ve ABD'deki okullarda sağlık eğitimi standartlarının önemli bir bileşeni olduğunu vurgulamıştır (Simonds, 1974). Aynı yıl Zurkowski, ABD Ulusal Kütüphaneler ve Bilgi Bilimi Komisyonu'na sunduğu raporda "bilgi okuryazarlığı" terimine yer vermiş ve onu, bilgi araçlarını kullanarak sorun çözme yeteneği olarak tanımlamıştır (Zurkowski, 1974). İki fikir, farklı zamanlarda ortaya çıkmasına rağmen, zamanla bilgiye erişim, anlama ve kullanma becerilerini geliştiren temel stratejiler haline gelmiştir. Bilgi okuryazarlığı daha çok eğitim ve bilgi hizmetleri alanında kullanılırken, sağlık okuryazarlığı sağlık hizmetleriyle ilgili bireysel sonuçları iyileştirmeye odaklanmaktadır. Günümüzde, her iki kavram da insanların yaşam kalitesini iyileştirmek ve toplumların bilgi temelli gelişimine yardımcı olmak için hayati öneme sahiptir.

1.1. Sağlık okuryazarlığı

Sağlık okuryazarlığı teriminin 1974 ilk kez ortay atılmış olmasına rağmen, terimin Yetişkinlerde Fonksiyonel Sağlık Okuryazarlığı Testi'nin (Test of Functional Health Literacy in Adults - TOFHLA) geliştirilmesine kadar literatürde sıklıkla yer almadığı görülmektedir (Parker ve diğerleri, 1995). Tıp ve ilgili alanlardaki uzmanlar tarafından sağlık okuryazarlığı üzerine yapılan daha kapsamlı araştırmalar, bu kavramı tanımlamak için çeşitli yollar geliştirmiştir. Sağlık okuryazarlığı, "bir dizi beceri" gerektirir. Bu beceriler arasında temel matematik ve okuma yazma becerileri bulunur (American Medical Association, 1999); sağlıkla ilgili bilgileri anlama ve bu bilgileri kullanarak kararlar verme yeteneği bulunur (Healthy People, 2000); ve bilişsel ve sosyal beceriler, bireylerin sağlıklarını koruma ve iyileştirmek için nasıl bilgi edinilebileceğini belirleyen becerilerdir (Nutbeam, 1998).

Ratzan ve Parker (2000), sağlık okuryazarlığı, "sağlık bilgisine erişim, bu bilgiyi anlama ve sağlığı koruyacak şekilde kullanma yeteneği" olarak tanımlamıştır. Bu tanım, insanların sağlık hizmetlerine erişiminde oynadığı önemli rolü vurgulamaktadır. Berkman ve arkadaşları. (2011) tarafından yapılan kapsamlı bir literatür incelemesi, sağlık okuryazarlığı düşük olan kişilerin sağlık hizmetlerinden daha az yararlandığını, önleyici sağlık hizmetlerini daha az kullandığını ve sağlıkla ilgili yanlış kararlar verme olasılığının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca Sørensen ve arkadaşları (2012), bilişsel becerilerin, sosyal ve çevresel faktörlerin sağlık okuryazarlığı üzerinde etkisi olduğunu ve bireylerin bilgiye erişimini sağlayacak yapıların ve desteğin önemini vurgulamıştır. Bu araştırmalar, toplum temelli yöntemler, eğitim ve iletişim yaklaşımları, sağlık okuryazarlığını geliştirmek için oldukça önemlidir.

1.2. Bilgi okuryazarlığı

Bilgi okuryazarlığı, bilgiye erişim, değerlendirme ve etkili kullanım becerilerini kapsamaktadır. Zorkowski (1974), bilgi okuryazarlığını, bilgi araçlarını kullanarak sorunları çözme yeteneği olarak tanımlamıştır. Bu tanım, bilgiye dayalı karar alma süreçlerinde bireylerin yeteneklerini vurgulamaktadır. Bruce (1997), bilgi okuryazarlığını bilişsel, sosyal ve teknolojik yönlerden oluşan yedi çerçeve içinde incelemiştir. Lloyd (2010), bilgi okuryazarlığının yalnızca bireysel bir yetenek değil, aynı zamanda bağlamsal bir süreç olduğunu belirterek, insanların iş yerlerinde ve toplumlarında bilgi ihtiyaçlarını karşılamak için oynadığı rolün önemini vurgulamıştır. Bilgi okuryazarlığı ile dijital okuryazarlık birleştiğinde, bireylerin internette etkili bir şekilde bilgiye ulaşma ve kullanma yeteneklerini geliştirmek çok önemlidir.

Bilgi okuryazarlığının temel bir bileşeni, bilgiye erişim becerileridir. Bu beceri, bireylerin bilgi kaynaklarına erişerek bu bilgiyi değerlendirme ve kullanma becerilerini içermektedir. Kuhlthau (1991) bilgi arama sürecini, bilgiye erişim sırasında insanların bilişsel ve duygusal süreçlerini

vurgulayan bir modelle tanımlamıştır. Bu model, bilgiye erişim sürecinin sadece bir teknik değil, aynı zamanda insanların anlam oluşturma sürecinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Marchionini (1995), bilgiye erişimi bireylerin bilgi ihtiyaçlarını belirleme, kaynaklara erişim ve bilgiyi işleme gibi aşamalardan oluşan bir problem çözme süreci olarak tanımlamıştır. Wilson (1999) ise insanların sosyal, ekonomik ve teknolojik çevrelerinin bilgiye erişimlerini etkilediğini belirtmiştir. Bu araştırmalar, dijital çağdaki bilgi yoğun ortamlarda ve bireylerin yaşam boyu öğrenme süreçlerinde bilgiye erişimin hayati önem taşıdığını göstermektedir.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

2.1. Amaç

Bu çalışma, tıbbi dokümantasyon ve sekreterlik programı öğrencilerinin sağlık ve bilgi okuryazarlığı düzeyleri arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Araştırmanın amacı, bu iki okuryazarlık türünün birbirini nasıl etkilediğini anlamak ve öğrencilerin bu konularda sahip oldukları beceri düzeylerini belirlemektir. Elde edilen veriler, sağlık ve bilgi okuryazarlığı becerilerinin eğitim süreçlerine daha etkin bir şekilde entegre edilebileceğine dair öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

2.2. Yöntem

Araştırma, tıbbi dokümantasyon ve sekreterlik programında öğrenim gören 152 öğrenciye anket yaptırılmıştır. Ankette demografik bilgiler, sağlık bilgilerine erişim ve doğrulama yöntemlerinin yanı sıra dijital araçları kullanma yeteneği dahil olmak üzere çeşitli sorular yer almıştır. Veriler nicel araştırma teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Yüzde ve frekans analizleri yapılırken, gruplar arası farklılıkları belirlemek için bağımsız örneklem t-testi ve ANOVA kullanılmıştır. Veriler, katılımcılara araştırmanın amacı ve içeriği hakkında bilgi verildikten sonra gönüllülük esasına göre toplanmıştır. Anketler, online olarak uygulanmış ve tüm katılımcılar bilgilendirilmiş onam formu ile bilgilendirilmiştir.

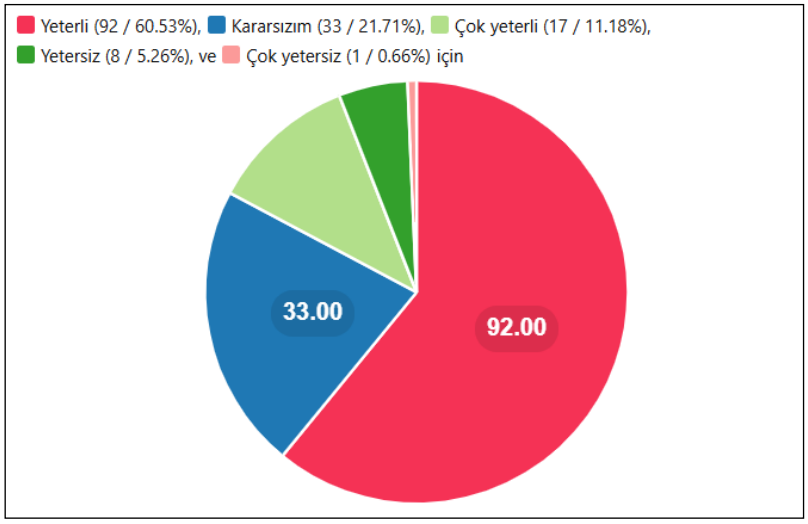
Elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde şu yöntemler kullanılmıştır:

- **Tanımlayıcı İstatistikler:** Yüzde ve frekans dağılımları ile katılımcıların genel özellikleri ve yanıtları özetlenmiştir.
- **Bağımsız Örneklem T-Testi:** Cinsiyet gibi kategorik değişkenlere göre gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için uygulanmıştır.
- **ANOVA (Tek Yönlü Varyans Analizi):** Sağlık ve bilgi okuryazarlığı arasındaki ilişkilerin incelenmesinde kullanılmıştır.
- **Korelasyon Analizi:** Sağlık ve bilgi okuryazarlığı arasındaki ilişkinin gücü ve yönü belirlenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Bilgi Okuryazarlığı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Grafik 1. Katılımcıların internette doğru bilgiye ulaşma konusunda görüşleri

Yeterli kategorisi en yüksek paya sahip (%60.53) ve bu, katılımcıların çoğunluğunun kendilerini yeterli bulduğunu gösteriyor.

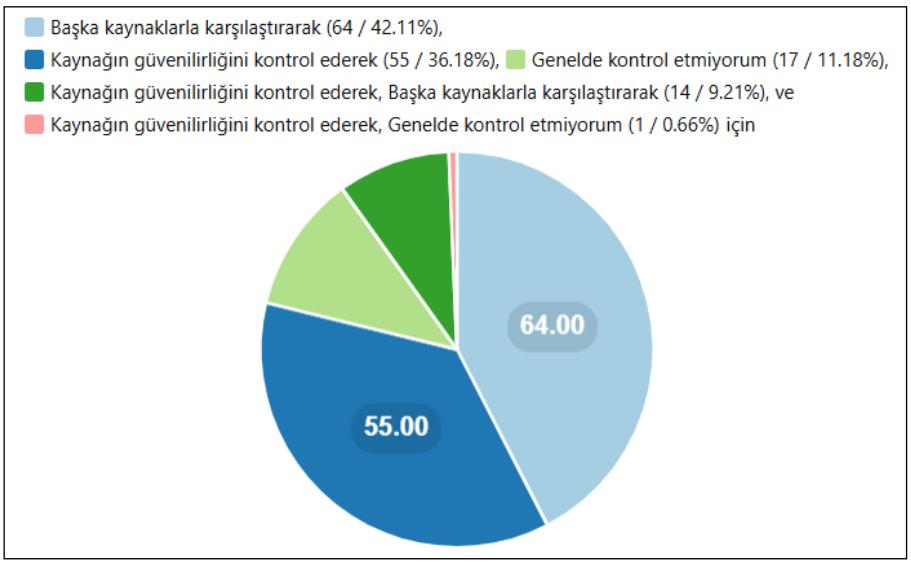
Kararsız olanların oranı %21.71 ile ikinci sırada yer almakta. Bu da katılımcıların bir kısmının bu konuda belirsiz olduğunu gösteriyor.

Çok yeterli ve yetersiz kategorilerinin oranları sırasıyla %11.18 ve %5.26. Bu oranlar, katılımcıların çoğunun kendilerini "yeterli" olarak değerlendirdiği ve çok az bir kısmının kendisini yetersiz hissettiği anlamına gelir.

Çok yetersiz kategorisi ise oldukça düşük bir orana sahip (%0.66), yani çok az sayıda kişi kendisini "çok yetersiz" olarak değerlendirmiş.

Katılımcıların çoğunluğu, genel olarak yeterli düzeyde olduklarını düşünüyor. Ancak kararsız olanların oranı da göz önüne alındığında, daha fazla bilgi veya netlik sağlayabilecek bir eğitim ya da açıklamaya ihtiyaç olabilir.

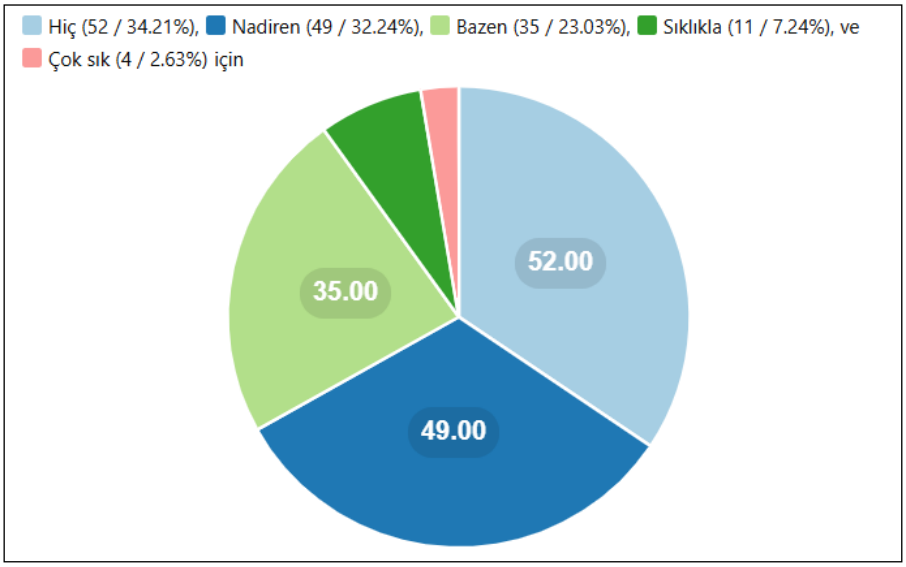
Yetersiz ya da çok yetersiz diyenlerin oranı oldukça düşük, bu da çoğunluğun kendini daha yeterli bir düzeyde hissettiğini gösteriyor.



Grafik 2. Katılımcıların tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu değerlendirme durumları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Başka kaynaklarla karşılaştırarak kontrol etme oranı %42.11 ile en yüksek oranda. Bu, katılımcıların büyük bir kısmının bilgi kaynağını güvenilirlik açısından değerlendirmeden önce diğer kaynaklarla karşılaştırdığını gösteriyor.
Kaynağın güvenilirliğini kontrol ederek oranı %36.18. Katılımcılar çoğunlukla bilgi kaynağını doğrudan güvenilirlik açısından değerlendiriyor.
Genelde kontrol etmiyorum seçeneği %11.18 ile bir miktar düşük, ancak yine de bir grup katılımcı bu yaklaşımı benimsemiş.
Kaynağın güvenilirliğini kontrol ederek, başka kaynaklarla karşılaştırarak seçeneği %9.21, çok düşük bir oranla bu yaklaşımın biraz daha karmaşık bir bilgi doğrulama sürecine işaret ediyor.
Genelde kontrol etmiyorum oranı oldukça düşük, %0.66, yani çok az sayıda katılımcı bu yöntemi tercih ediyor.
Katılımcıların çoğunluğu, başka kaynaklarla karşılaştırarak ve kaynağın güvenilirliğini kontrol ederek bilgi doğrulama yöntemlerini benimsemiş. Bu, katılımcıların bilgiye güvenmeden önce doğrulama yapma eğiliminde olduklarını gösteriyor.
Genelde kontrol etmiyorum yanıtını verenlerin oranı oldukça düşük, bu da çoğunluğun doğrulama yapmadan bilgiyi kabul etmediklerini gösteriyor.
Bu sonuçlar, doğru bilgiye erişim ve bilgi doğrulama konularında katılımcıların dikkatli ve güvenilir kaynaklara yöneldiklerini gösteriyor.

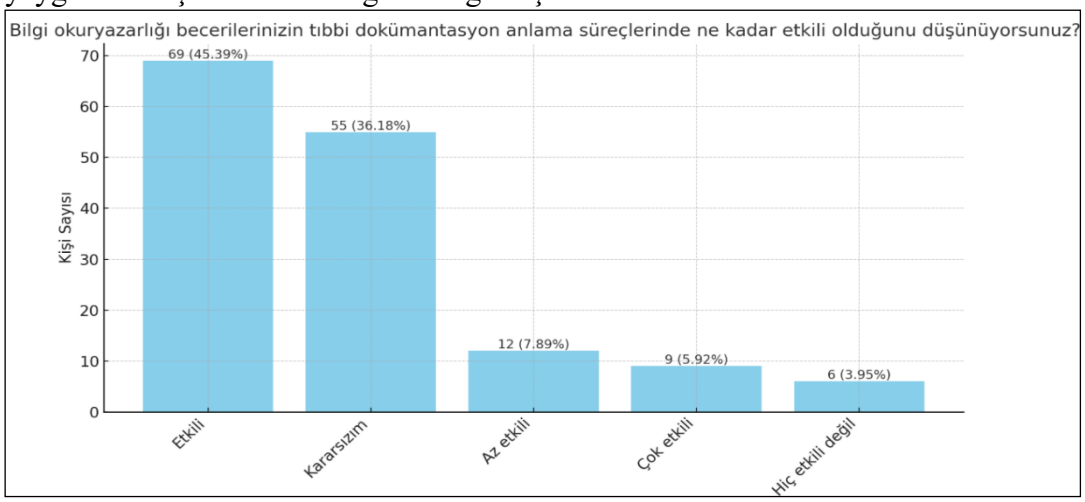


Grafik 3. Katılımcıların dijital araçları (Medline, PubMed, akademik veri tabanları) kullanma sıklıkları

Bu pasta grafiği, katılımcıların bir eylemi **ne sıklıkla** gerçekleştirdiklerini göstermektedir. **Hiç** kategorisi **%34.21** ile en yüksek orana sahip. Bu, katılımcıların yaklaşık üçte birinin bu eylemi hiç gerçekleştirmediğini gösteriyor. **Nadiren** yanıtı ise **%32.24** ile oldukça yakın bir oranda. Bu da katılımcıların bir kısmının yalnızca nadiren bu eylemi gerçekleştirdiğini işaret ediyor. **Bazen** kategorisi **%23.03** ile daha düşük bir oranla geliyor. Bu oran, katılımcıların belirli aralıklarla bu eylemi gerçekleştirdiğini gösteriyor. **Sıklıkla** ve **Çok sık** kategorilerinin oranları ise çok daha düşük; sırasıyla **%7.24** ve **%2.63**. Bu da katılımcıların çok küçük bir kısmının bu eylemi sıkça veya sürekli olarak yaptığını gösteriyor.
Katılımcıların büyük bir kısmı (yaklaşık %66), bu eylemi **hiç** ya da **nadiren** gerçekleştirdiğini belirtmiş. Bu, söz konusu eylemin katılımcılar arasında yaygın olmadığını gösteriyor. **Bazen** yapanlar oranı daha yüksek olsa da, **sıklıkla** veya **çok sık** yapanların oranı oldukça düşüktür.

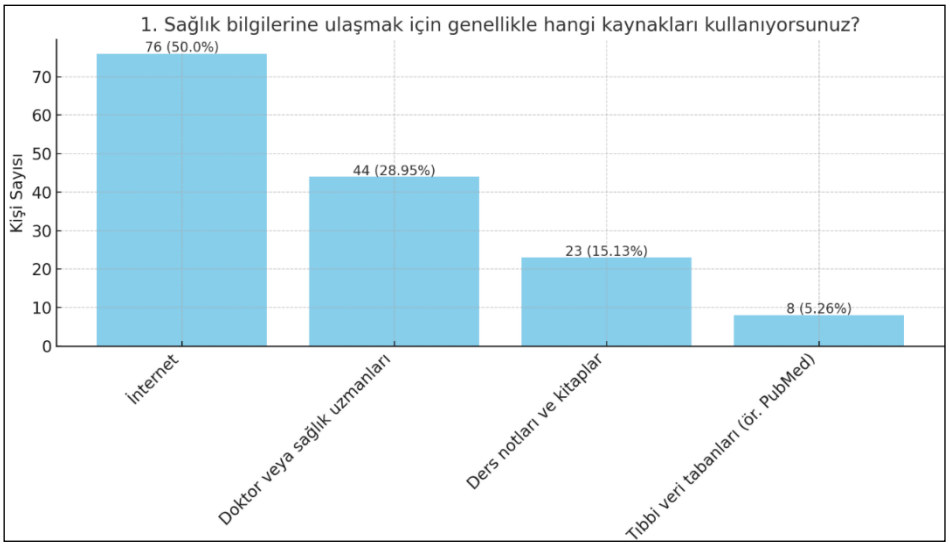
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu durum, belirli bir davranışın ya da eylemin daha nadiren yapıldığını ve katılımcılar arasında daha yaygın bir alışkanlık haline gelmediğini işaret eder.



Grafik 4. Katılımcıların bilgi okuryazarlığı becerilerinin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ilişkin görüşleri

3.2. Sağlık Okuryazarlığı

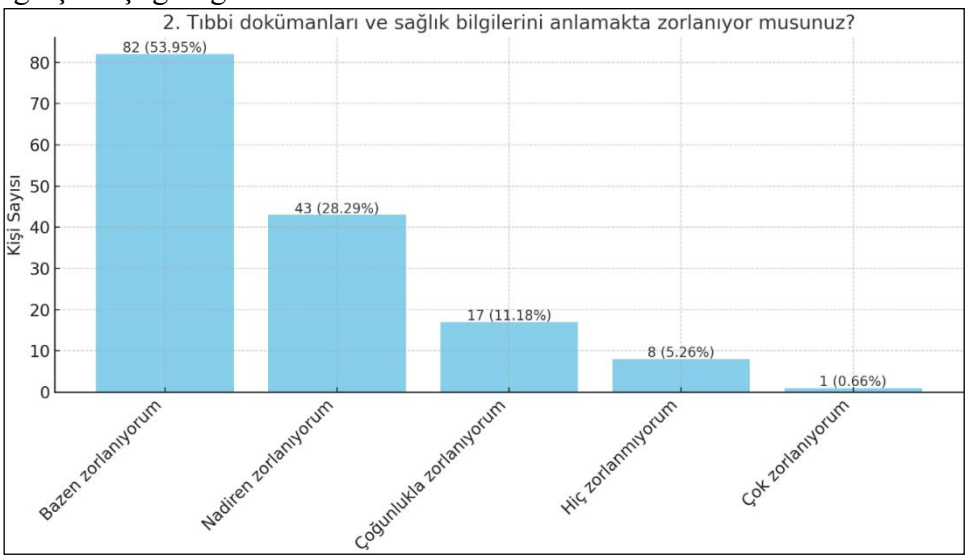


Grafik 5. Katılımcıların sağlık konulu bilgiye erişmek için kullandığı araçlar

Bu grafik, katılımcıların sağlık bilgilerine ulaşmak için genellikle hangi kaynakları kullandıklarını göstermektedir. **İnternet** en yüksek oranı **%50** ile almış. Bu, katılımcıların sağlık bilgilerine ulaşmak için genellikle **internet**i kullandıklarını gösteriyor.
Doktor ve sağlık uzmanları ise **%28.95** ile ikinci sırada yer almakta. Bu, sağlık profesyonellerinden alınan bilgilerin de önemli bir kaynak olduğunu işaret ediyor.
Ders notları ve kitaplar ise **%15.13** oranında. Katılımcıların bir kısmı akademik kaynaklardan yararlanmayı tercih ediyor.
Tıbbi veri tabanları (ör. PubMed) çok daha düşük bir oranda (**%5.26**) kullanılıyor, bu da sağlık veritabanlarına olan ilginin sınırlı olduğunu gösteriyor.
Katılımcıların büyük bir kısmı (yarısından fazlası), **internet**i birincil kaynak olarak kullanıyor. Bu, sağlık bilgilerine erişimde dijital kaynakların baskın olduğunu gösteriyor.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

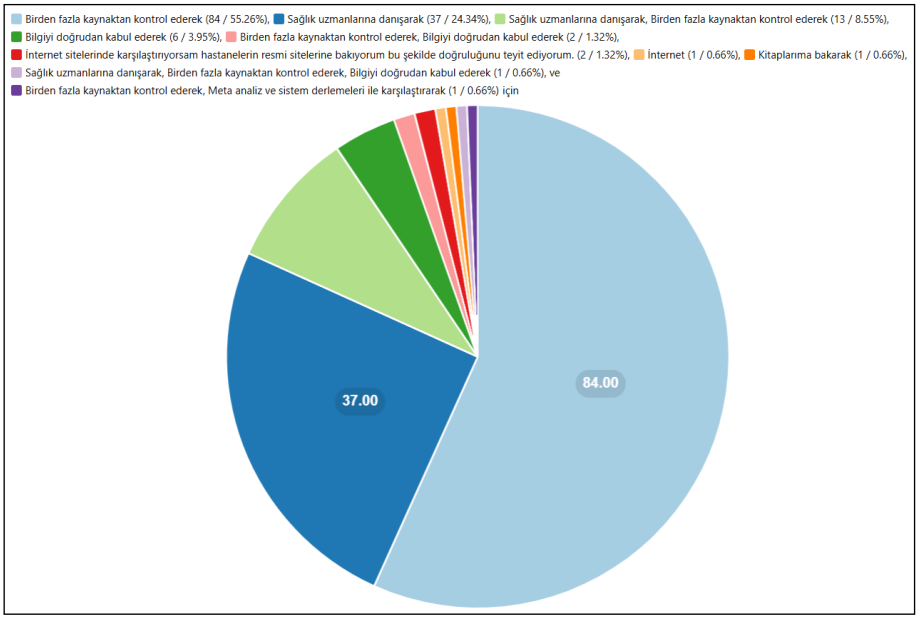
Doktorlar ve sağlık uzmanları, bilgi almak için tercih edilen bir başka önemli kaynaktır, ancak internetin önünde değil. **Ders notları ve kitaplar** ve **tıbbi veri tabanları** gibi akademik kaynaklar daha az tercih edilmektedir.
Bu sonuçlar, sağlık bilgisine erişimin daha çok dijital ortamlar ve uzmanlarla olan etkileşim üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir.



Grafik 6. Katılımcıların tıbbi dokümanları ve sağlık bilgilerini anlama durumları

Bu grafik, katılımcıların tıbbi dokümanları ve sağlık bilgilerini anlamada yaşadıkları zorlukları göstermektedir. **Bazen zorlanyorum** oranı **%53.55** ile en yüksek düzeyde. Katılımcıların çoğunluğu tıbbi dokümanları ve sağlık bilgilerini zaman zaman anlayamadıklarını ifade ediyor.
Nadiren zorlanyorum seçeneği **%28.29** ile ikinci sırada yer alıyor. Bu da katılımcıların bir kısmının nadiren zorluk yaşadığını belirtiyor.
Çoğunlukla zorlanyorum ise **%11.18** ile daha düşük bir oranda. Bu oran, bazı katılımcıların düzenli olarak bu tür içeriklerle ilgili zorluk yaşadığını gösteriyor.
Hiç zorlanyorum ve **Çok zorlanıyorum** kategorilerindeki oranlar ise çok daha düşük: sırasıyla **%5.26** ve **%0.66**. Bu da katılımcıların çok küçük bir kısmının hiç zorlanmadığını veya sürekli zorlandığını gösteriyor.
Katılımcıların **yarısından fazlası** (yaklaşık **%53.55**) tıbbi dokümanları anlamakta **bazen zorlandıklarını** belirtiyor. Bu, sağlık bilgilerini anlamanın genellikle karmaşık olabileceğini işaret eder.
%28.29 oranında katılımcı nadiren zorluk yaşadığını belirtmiş. Bu, bazı katılımcılar için sağlık bilgileri daha kolay anlaşılırken, diğerleri için zorluk yaşanabiliyor.
Hiç zorlanmayanlar oranı düşük olmasına rağmen (**%5.26**) yine de bu grupta bir kesim mevcut.
Katılımcıların büyük bir kısmı (yaklaşık **%82**) tıbbi dokümanları ve sağlık bilgilerini anlamakta en az bir ölçüde zorlanıyor. Bu durum, sağlık okuryazarlığının artırılmasının gerekliliğini gösterebilir.
Eğitim ve destek programları tasarlanarak, özellikle zorlanma oranı yüksek olan gruplara yönelik yardımcı içerikler oluşturulabilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Grafik 7. Katılımcıların sağlık bilgisi içeren dokümanların doğruluğunu anlamaya ilişkin görüşleri

Grafikte, katılımcıların sağlık bilgilerini doğrulamak için tercih ettikleri yöntemler açıkça görülmektedir. %55.26 oranıyla en yaygın yöntem, birden fazla kaynağı kontrol etmek olup, bu durum katılımcıların genellikle birden fazla kaynağa başvurarak doğrulama yapmayı tercih ettiğini göstermektedir. %24.47 oranında katılımcı, sağlık uzmanlarına danışarak bilgi doğrulama yolunu seçmiş, bu da uzman görüşlerinin önemli bir kaynak olduğunu işaret eder. %11.18 oranıyla sağlık uzmanlarına danışarak ve birden fazla kaynağı kontrol ederek doğrulama yapan katılımcılar ise daha kapsamlı bir doğrulama süreci benimsiyorlar. Diğer yöntemler daha düşük oranlara sahip, ancak yine de katılımcıların farklı kaynaklardan (internet, kitaplar) faydalandığını göstermektedir. %4.63 oranında internet ve kitaplara başvuranlar ise daha az yaygın olmasına rağmen dijital ve geleneksel kaynakları kullanıyorlar. Bu analiz, katılımcıların sağlık bilgilerini doğrulamak için çeşitli ve güvenilir yöntemlere başvurduklarını, ancak en yaygın yöntemlerin birden fazla kaynağa danışmak ve sağlık uzmanlarıyla iletişime geçmek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, sağlık okuryazarlığı ve bilgi doğrulama süreçlerinde daha geniş kapsamlı eğitim ve kaynakların sağlanmasının faydalı olabileceğini gösteriyor.

3.3. Bilgi Okuryazarlığı ve Cinsiyet İlişkisi

Bilgi Okuryazarlığı Soruları	Kadın (Ort±SD)	Erkek (Ort±SD)	t Değeri	p Değeri
İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	1.09±1.06	1.66±1.47	2.39	0.018
Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	1.03±1.06	1.59±1.18	2.48	0.014
Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	1.29±0.96	1.55±1.45	1.17	0.244

Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	1.87±1.21	2.14±1.60	1.00	0.318

Tablo1. Cinsiyete göre bilgi okuryazarlığı ilişkisi

1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?
   - Kadın (Ort±SD): 1.09±1.06
   - Erkek (Ort±SD): 1.66±1.47
   - t Değeri: 2.39
   - p Değeri: 0.018 (Anlamlı)

Erkekler, internette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendilerini kadınlara göre daha yeterli hissetmektedir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Erkekler bu soruda daha yüksek özgüven sergilemiştir.

2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?
   - Kadın (Ort±SD): 1.03±1.06
   - Erkek (Ort±SD): 1.59±1.18
   - t Değeri: 2.48
   - p Değeri: 0.014 (Anlamlı)

Erkekler, tıbbi terim ve dokümanların doğruluğunu değerlendirme konusunda kadınlardan daha yüksek puan vermiştir. Bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Erkekler bu alanda daha fazla özgüven veya beceriye sahip olduğunu düşünmektedir.

3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?
   - Kadın (Ort±SD): 1.29±0.96
   - Erkek (Ort±SD): 1.55±1.45
   - t Değeri: 1.17
   - p Değeri: 0.244 (Anlamlı Değil)

Dijital araçların kullanım sıklığı konusunda kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p > 0.05$). Her iki grup da bu araçları benzer sıklıkta kullandığını belirtmiştir.

4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?
   - Kadın (Ort±SD): 1.87±1.21
   - Erkek (Ort±SD): 2.14±1.60
   - t Değeri: 1.00
   - p Değeri: 0.318 (Anlamlı Değil)

Kadınlar ve erkekler arasında bilgi okuryazarlığı becerilerinin tıbbi dokümantasyon üzerindeki etkisine dair algılarda anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.4. Sağlık Okuryazarlığı ve Cinsiyet İlişkisi

Sağlık Okuryazarlığı Soruları	Kadın (Ort±SD)	Erkek (Ort±SD)	t Değeri	p Değeri
1. Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz?	0.85±0.80	1.38±1.27	2.82	0.005
2. Tıbbi bilgilerin doğruluğunu kontrol etmede en sık kullandığınız yöntem nedir?	1.89±1.21	2.07±1.16	0.71	0.481
3. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz?	0.65±0.92	0.41±0.78	-1.28	0.204
4. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz?	0.80±1.06	1.17±1.49	1.58	0.115
5. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz?	1.46±1.29	1.59±1.48	0.45	0.654

1. Sağlık Okuryazarlığınızın Mesleki Yaşamınızdaki Etkisi:
   - Kadın (Ort±SD): 0.85±0.80
   - Erkek (Ort±SD): 1.38±1.27
   - t Değeri: 2.82
   - p Değeri: 0.005 (Anlamlı)
     Yorum: Erkekler, sağlık okuryazarlıklarının mesleki yaşamlarına etkisini kadınlara göre daha olumlu değerlendirmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).
2. Tıbbi Bilgilerin Doğruluğunu Kontrol Etmede En Sık Kullandığınız Yöntem:
   - Kadın (Ort±SD): 1.89±1.21
   - Erkek (Ort±SD): 2.07±1.16
   - t Değeri: 0.71
   - p Değeri: 0.481 (Anlamlı Değil)
     Yorum: Kadınlar ve erkekler arasında bu soruya verilen yanıtlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.
3. Sağlık Dokümanlarını Araştırırken Dijital Kaynakları Etkin Kullanma:
   - Kadın (Ort±SD): 0.65±0.92
   - Erkek (Ort±SD): 0.41±0.78
   - t Değeri: -1.28
   - p Değeri: 0.204 (Anlamlı Değil)
     Yorum: Dijital kaynakları etkin kullanma açısından kadınlar ve erkekler arasında anlamlı bir fark yoktur.
4. Dijital Platformlardan Edindiğiniz Tıbbi Bilgileri Uygulamaya Koyma Rahatlığı:
   - Kadın (Ort±SD): 0.80±1.06
   - Erkek (Ort±SD): 1.17±1.49
   - t Değeri: 1.58

- p Değeri: 0.115 (Anlamlı Değil)
  Yorum: Kadınlar ve erkekler arasında tıbbi bilgileri uygulama konusundaki rahatlık açısından fark yoktur.

5. Sağlık Okuryazarlığının Bilgi Okuryazarlığı Becerileriyle İlişkisi:
   - Kadın (Ort±SD): 1.46±1.29
   - Erkek (Ort±SD): 1.59±1.48
   - t Değeri: 0.45
   - p Değeri: 0.654 (Anlamlı Değil)
     Yorum: Sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı becerilerinin ilişkisi konusunda kadınlar ve erkekler arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

3.5. Cinsiyete Göre Sağlık Okuryazarlığı ve Bilgi Okuryazarlığı İlişkisi

Sorular	Kadın (Ort±SD)	Erkek (Ort±SD)	t Değeri	p Değeri
1. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz?	0.65±0.92	0.41±0.78	-1.28	0.204
2. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz?	0.80±1.06	1.17±1.49	1.58	0.115
3. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz?	1.46±1.29	1.59±1.48	0.45	0.654
4. Sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı becerilerinizin geliştirilmesi için bir eğitim programı sunulsa katılır mısınız?	0.24±0.47	0.21±0.41	-0.39	0.696

1. Sağlık Dokümanlarını Araştırırken Dijital Kaynakları Etkin Kullanma:
   - Kadın (Ort±SD): 0.65±0.92
   - Erkek (Ort±SD): 0.41±0.78
   - t Değeri: -1.28
   - p Değeri: 0.204 (Anlamlı Değil)
     Yorum: Kadınlar ve erkekler arasında dijital kaynakları etkin kullanma algısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Her iki grup da benzer düzeyde dijital kaynakları kullandığını ifade etmiştir.

---

2. Dijital Platformlardan Edindiğiniz Tıbbi Bilgileri Uygulamaya Koyma Rahatlığı:
   - Kadın (Ort±SD): 0.80±1.06
   - Erkek (Ort±SD): 1.17±1.49
   - t Değeri: 1.58
   - p Değeri: 0.115 (Anlamlı Değil)
     Yorum: Tıbbi bilgileri uygulama konusundaki rahatlık açısından kadınlar ve erkekler arasında anlamlı bir fark yoktur ($p > 0.05$). Ancak, erkeklerin ortalaması kadınlara göre daha yüksek, bu da erkeklerin bir miktar daha rahat hissettiğini gösterebilir.

---

3. Sağlık Okuryazarlığınızın Bilgi Okuryazarlığı Becerilerinizle İlişkili Olduğunu Düşünüyor Musunuz?

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

- Kadın (Ort±SD): 1.46±1.29
- Erkek (Ort±SD): 1.59±1.48
- t Değeri: 0.45
- p Değeri: 0.654 (Anlamlı Değil)
  Yorum: Kadınlar ve erkekler arasında sağlık ve bilgi okuryazarlığı becerilerinin ilişkisi konusunda fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Her iki grup da bu ilişkiyi benzer şekilde değerlendirmiştir.

---

4. Sağlık ve Bilgi Okuryazarlığı Becerilerinizin Geliştirilmesi İçin Bir Eğitim Programına Katılım:

- Kadın (Ort±SD): 0.24±0.47
- Erkek (Ort±SD): 0.21±0.41
- t Değeri: -0.39
- p Değeri: 0.696 (Anlamlı Değil)
  Yorum: Eğitim programlarına katılım istekliliği konusunda kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Katılım isteği her iki grup için de benzer düzeydedir.

Genel Değerlendirme:

- Anlamlılık Durumu: Tüm sorular için $p > 0.05$ olduğundan, kadınlar ve erkekler arasında sağlık ve bilgi okuryazarlığına dair algılar açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır.
- Ortalama Farklılıkları: Bazı sorularda erkekler (ör. tıbbi bilgileri uygulama rahatlığı) daha yüksek ortalamalara sahip olsa da, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Sağlık Okuryazarlığı ve Bilgi Okuryazarlığı Sorularına İlişkin Korelasyon Analizi

Sağlık okuryazarlığı bilgi okuryazarlığı İlişkisi	Correlation Coefficient	P-Value	Significance
4. Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? ↔ 1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	0,24543319	0,00222927	** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır.
4. Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? ↔ 2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	0,16878371	0,0370144	* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.
4. Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? ↔ 3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	0,14448289	0,07477205	
4. Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisini nasıl değerlendiriyorsunuz? ↔ 4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	0,02521508	0,75702888	
5. Tıbbi bilgilerin doğruluğunu kontrol etmede en sık kullandığınız yöntem nedir? ↔ 1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	-0,0890786	0,27352349	
5. Tıbbi bilgilerin doğruluğunu kontrol etmede en sık kullandığınız yöntem nedir? ↔ 2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	0,00789829	0,9228084	
5. Tıbbi bilgilerin doğruluğunu kontrol etmede en sık kullandığınız yöntem nedir? ↔ 3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	0,03826704	0,63862116	
5. Tıbbi bilgilerin doğruluğunu kontrol etmede en sık kullandığınız yöntem nedir? ↔ 4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	0,04797589	0,55592728	
1. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz? ↔ 1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	-0,1219685	0,13312077	
1. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz? ↔ 2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	-0,0032933	0,96777266	
1. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz? ↔ 3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	-0,0141177	0,86249204	
1. Sağlık dokümanlarını araştırırken dijital kaynakları etkin kullanabildiğinizi düşünüyor musunuz? ↔ 4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	0,050738	0,53338377	
2. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz? ↔ 1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	0,21183966	0,00857052	** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır.
2. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz? ↔ 2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	0,17850208	0,02727195	* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.
2. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz? ↔ 3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	0,0127902	0,87531184	
2. Dijital platformlardan edindiğiniz tıbbi bilgileri uygulamaya koyarken kendinizi ne kadar rahat hissediyorsunuz? ↔ 4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	0,04702191	0,56381887	
3. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz? ↔ 1. İnternette doğru bilgiye ulaşma konusunda kendinizi ne kadar yeterli hissediyorsunuz?	0,24941795	0,00187647	** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır.
3. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz? ↔ 2. Tıbbi terim ve dokümanlarla ilgili bilgilerin doğruluğunu nasıl değerlendiriyorsunuz?	0,12543526	0,12236248	
3. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz? ↔ 3. Dijital araçları (ör. Medline, PubMed, akademik veri tabanları) ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	0,133906	0,09890553	
3. Sağlık okuryazarlığınızın bilgi okuryazarlığı becerilerinizle ilişkili olduğunu düşünüyor musunuz? ↔ 4. Bilgi okuryazarlığı becerilerinizin tıbbi dokümantasyon anlama süreçlerinde ne kadar etkili olduğunu düşünüyorsunuz?	0,08288102	0,30842715	

Anlamlılık Düzeyleri:

- $p < 0.01$: Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır. Bu, ilişki oldukça güçlü ve güvenilir bir düzeyde anlamlıdır.
- $p < 0.05$: Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. Bu, ilişki anlamlıdır ancak daha düşük güven düzeyinde olabilir.
- $p > 0.05$: İstatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

Öne Çıkan Bulgular:

1. "Sağlık okuryazarlığınızın mesleki yaşamınızdaki etkisi" ↔ "Bilgiye ulaşma yeterliliği":
    - Korelasyon Katsayısı: 0.245 (Pozitif ve düşük düzeyde ilişki)
    - p Değeri: 0.002 (0.01 düzeyinde anlamlı)
      Sağlık okuryazarlığı, bilgiye ulaşma yeterliliği algısını anlamlı şekilde etkileyebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. Diğer Sorular Arasındaki Korelasyonlar:
    - Birçok çift arasında $p > 0.05$ olduğundan, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.
    - Ancak pozitif katsayılar, genel olarak aynı yönlü bir ilişki olduğunu gösteriyor (örneğin, sağlık okuryazarlığı arttıkça bilgi okuryazarlığı da artabilir).

Genel Değerlendirme:

- En anlamlı ilişki, sağlık okuryazarlığının mesleki etkisi ve bilgiye ulaşma yeterliliği arasındadır.
- Diğer ilişkilere dair bulgular, istatistiksel olarak anlamlı değildir; bu nedenle daha geniş bir örneklemle tekrar değerlendirilmesi önerilebilir.

Sağlık okuryazarlığı ile bilgi okuryazarlığı arasındaki ilişki pozitif yöndedir, yani birinin arttığı durumda diğerinin de artması beklenir. Bu, sağlık bilgisine erişim ve doğru bilgi kullanma becerilerinin birlikte gelişebileceğini gösteriyor.
Korelasyon Katsayısı (r): Zayıf bir pozitif ilişkiyi işaret eden 0.20 - 0.30 arası bir değer. Yani sağlık okuryazarlığı ile bilgi okuryazarlığı arasında zayıf düzeyde bir ilişki bulunuyor. Zayıf düzeyde pozitif ilişki var. Yani, sağlık okuryazarlığı arttıkça, bilgi okuryazarlığı becerileri de artmaktadır. İlişki anlamlıdır ($p < 0.01$), ancak bu ilişkinin çok güçlü olmadığını, daha zayıf bir etkileşim olduğunu söyleyebiliriz. Sağlık okuryazarlığı ile bilgi okuryazarlığı arasında pozitif bir ilişki olması, eğitim ve bilgilendirme programlarının her iki alanda da etkili olabileceğini gösteriyor. Sağlık ve bilgi okuryazarlığının birlikte geliştirilmesi, bireylerin sağlıkla ilgili kararlarını daha etkili yapmalarına yardımcı olabilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu analizin amacı, bilgi okuryazarlığı ve sağlık okuryazarlığı arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Her iki okuryazarlık türü arasında pozitif bir ilişki olduğunu korelasyon analizi göstermektedir. Bununla birlikte, bu ilişki zayıf düzeydedir ve sağlık okuryazarlığı arttıkça bilgi okuryazarlığı da artacaktır. Sağlık okuryazarlığı ve bilgi okuryazarlığı arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösteren korelasyon katsayısı (r) 0,20-0,30 arasındadır.

İlişkinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğunu gösteren bir p-değer ($p< 0.01$) bulunmuştur. Bu, bilgi okuryazarlığı ile sağlık okuryazarlığı arasında bir tür sistematik bağlantı olduğunu göstermektedir.

Bilgi okuryazarlığı ile sağlık okuryazarlığı arasındaki ilişki olumludur. Ancak bu ilişki zayıftır ve her iki okuryazarlık türü arasında güçlü bir etkileşim yoktur. Sağlık okuryazarlığı arttıkça, insanların bilgi okuryazarlığı becerileri de artıyor, ancak bu artış sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar, bilgi okuryazarlığı ve sağlık okuryazarlığı eğitim programlarının birlikte geliştirilmesinin yararlı olabileceğini göstermektedir. Bireylerin dijital araçlar ve sağlık bilgisi hakkında farkındalık kazanmaları, daha bilinçli ve etkili sağlık kararları almalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Daha kapsamlı ve etkileşimli eğitim süreçleri, bu ilişkiyi güçlendirebilir. Eğitimler bilgi okuryazarlığı ve sağlık okuryazarlığı becerilerini geliştirmek için kullanılabilir. Tıbbi dokümantasyon ve sekreterlik programlarının müfredatı, sağlık ve bilgi okuryazarlığı becerilerini desteklemek için güncellenebilir. Öğrencilerin bu becerileri gerçek hayatta kullanmasını sağlamak için özellikle pratik uygulamalara yer verilmesi oldukça önemlidir.

Öğrencilerin sağlık ve bilgi okuryazarlığı becerilerini geliştirmek için müfredata konuya ilişkin dersler eklenmelidir. Güvenilir kaynakların tanımlanması, bilgi doğrulama süreçleri ve dijital araçların etkin kullanımı bu derslerin içeriğinde yer almalıdır.

KAYNAKÇA

30. Association of College and Research Libraries (ACRL). (2000). *Information Literacy Competency Standards for Higher Education*. Chicago, IL: American Library Association

31. Association of College and Research Libraries (ACRL). (2015). *Framework for Information Literacy for Higher Education*. Chicago, IL: American Library Association.

32. Julien, H., & Genuis, S. K. (2011). Librarians' experiences of the teaching role: A national survey of librarians. *Library & Information Science Research*, *33*(2), 103-111.

33. Detlor, B., Julien, H., Willson, R., Serenko, A., & Lavallee, M. (2011). Learning outcomes of information literacy instruction at business schools. *Journal of the American society for information science and technology*, *62*(3), 572-585.

34. Mokhtar, I. A., Majid, S., & Foo, S. (2008). Teaching information literacy through learning styles: The application of Gardner's multiple intelligences. *Journal of Librarianship and Information Science*, *40*(2), 93-109.

35. Simonds, S. K. (1974). Health education as social policy. *Health Education Monographs*, *2*(Suppl 1), 1-10. https://doi.org/10.1177/10901981740020S101

36. Zurkowski, P. G. (1974). *The Information Service Environment Relationships and Priorities*. Washington, DC: National Commission on Libraries and Information Science.

37. American Medical Association. (1999). Health literacy: Report of the Council on Scientific Affairs. *JAMA*, *281*(6), 552-557. https://doi.org/10.1001/jama.281.6.552

38. Nutbeam, D. (1998). Health promotion glossary. *Health Promotion International*, *13*(4), 349-364. https://doi.org/10.1093/heapro/13.4.349

39. Parker, R. M., Baker, D. W., Williams, M. V., & Nurss, J. R. (1995). The test of functional health literacy in adults: A new instrument for measuring patients' literacy skills. *Journal of General Internal Medicine*, *10*(10), 537-541. https://doi.org/10.1007/BF02640361

40. U.S. Department of Health and Human Services. (2000). *Healthy People 2010: Understanding and improving health*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

41. Berkman, N. D., Sheridan, S. L., Donahue, K. E., Halpern, D. J., & Crotty, K. (2011). Low health literacy and health outcomes: An updated systematic review. *Annals of Internal Medicine, 155*(2), 97-107. https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-2-201107190-00005

42. Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health, 12*(1), 80. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80

43. Berkman, N. D., Sheridan, S. L., Donahue, K. E., Halpern, D. J., & Crotty, K. (2011). Low health literacy and health outcomes: An updated systematic review. *Annals of Internal Medicine, 155*(2), 97-107. https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-2-201107190-00005

44. Ratzan, S. C., & Parker, R. M. (2000). Introduction. In C. R. Selden, M. Zorn, S. C. Ratzan, & R. M. Parker (Eds.), *National Library of Medicine current bibliographies in medicine: Health literacy*. NLM Pub. No. CBM 2000-1. Bethesda, MD: National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services.

45. Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health, 12*(1), 80. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80

46. Marchionini, G. (1995). *Information seeking in electronic environments*. Cambridge: Cambridge University Press.

47. Wilson, T. D. (1999). Models in information behaviour research. *Journal of Documentation, 55*(3), 249-270. https://doi.org/10.1108/EUM0000000007145

48. Kuhlthau, C. C. (1991). Inside the search process: Information seeking from the user's perspective. *Journal of the American Society for Information Science, 42*(5), 361-371. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199106)42:5<361::AID-ASI6>3.0.CO;2-%23

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ENTITY MATCHING ON PURCHASE ORDER AND INVOICE LINES USING DEEP LEARNING TECHNIQUES

Ufuk İlke Avcı

Yeditepe University, Department of Computer Engineering,

ufukilke.avci@std.yeditepe.edu.tr - 0000-0002-6808-8948

Murat Öz

Intecon Information Technology and Consulting, R&D Department,

murat.oz@intecon.com.tr - 0009-0001-5660-6701

Barış Deveci

Intecon Information Technology and Consulting, R&D Department,

baris.deveci@intecon.com.tr - 0009-0001-7316-2049

Abstract

This study proposes a novel deep learning approach to automate the matching process between purchase order (PO) lines and invoice lines in large-scale manufacturing companies, aiming to minimize manual effort, reduce operational costs, and eliminate errors in financial reconciliation. The system combines a convolutional neural network (CNN) for feature extraction and a fully connected network to predict matching probabilities between entity pairs. The model processes both numerical data, normalized for consistency, and textual data, encoded using BERT-based embeddings for semantic understanding. To address common challenges such as missing or incomplete data, the system incorporates robust data preprocessing pipelines and probabilistic thresholds to filter out low-confidence matches, ensuring that only reliable predictions proceed to manual review. Using real-world datasets from enterprise resource planning (ERP) systems, the model demonstrated significant improvements in matching accuracy. Furthermore, the system was deployed on a scalable architecture, allowing seamless integration with existing accounting workflows and efficient processing of large volumes of transactional data. The proposed method not only enhances efficiency and reliability in accounting operations but also reduces dependency on manual intervention, resulting in faster processing times and cost savings. Future work will focus on incorporating advanced self-supervised learning techniques to further improve the model's robustness and handling of diverse data scenarios.

Keywords : Entity Matching, Deep Learning, CNN (Convolutional Neural Network)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

With the acceleration of digitalization in business, invoice management and order matching have become increasingly complex. In particular, accurate and effective processing of data from different sources is of critical importance in increasing the operational efficiency of businesses. One of the biggest challenges in this process is correctly matching information from independent data sources using a common reference point. This problem becomes a complex data matching problem that requires establishing meaningful connections between invoices and ERP orders. Maintaining invoices and orders typically continues through a company's procure-to-pay process (purchase-to-pay). This process begins with an employee or department creating a request for the goods or services they need. Once the request is approved, a purchase order (PO) is prepared and sent to the supplier.

The PO lists the quantities and prices of the goods and services requested from the supplier. Delivered goods usually come with a delivery note, and the receiving company creates a goods receipt (GR) to verify that the goods were delivered complete and undamaged (Dijk, 2023). In order for a supplier to receive payment, they must issue an invoice. The invoice contains information about the goods and services delivered, as well as the quantity and price. The company must carry out some important checks before paying these invoices. These include checking that the information on the invoice matches the goods ordered and delivered and ensuring that the invoice details are correct. In this process, transferring invoice data received from PDF format or XML files with OCR (Optical Character Recognition) to the system and matching it with ERP orders involves significant difficulties due to the different structures and deficiencies of the data sources. In literature, rule-based or traditional machine learning methods are usually used in such data matching problems. However, deep learning methods have a strong potential, especially in dealing with complex data structures and providing more accurate matching results. In this study, an artificial intelligence model that can integrate data sets from different sources such as OCR and XML and uses deep learning techniques to increase accuracy was developed. This model is aimed to provide an effective solution to data matching problems in purchasing and payment processes.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Background

Recent advancements in Entity Linking (EL) and Entity Matching (EM) focus on addressing core challenges such as handling ambiguous mentions, noise, and complexity in datasets. Techniques like Reinforcement Learning-based models (Fang, 2019), Transformer-based architectures (Wang, 2022), and Generative Large Language Models (LLMs) (Peeters, 2023) demonstrate significant improvements. For instance, RL models leverage previously disambiguated entities for coherence, while Transformer-based methods like Machop excel in handling heterogeneous data with customizable definitions. LLMs, including GPT-4, offer competitive zero-shot performance and robust generalization to unseen data. Graph-based approaches, such as Siamese Graph Convolutional Networks (Krivosheev, 2021), and frameworks like ERBlox (Bahmani, 2017) integrate semantic knowledge and machine

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

learning for enhanced accuracy in matching. Graph networks model entity relationships, improving resilience to errors and variations, while ERBlox combines matching dependencies with SVMs for efficient duplicate detection. Similarly, neural network surveys (Barlaug) and hybrid deep learning designs (Mudgal, 2018) underline the advantages of contextual embeddings and sequence modeling for improved precision, particularly on unstructured and noisy datasets. Practical applications span from automated invoice matching (Maurya, 2020) to information extraction from diverse documents (Holeček, 2023). The optimization of similarity functions (Wang J. L., 2011) and effective knowledge base linking (Shen, 2014) address challenges like data variability and ambiguity. Future directions focus on integrating domain-specific knowledge, improving computational efficiency, and enhancing the interpretability of EM and EL pipelines for real-world use cases.

2.2. Dataset

This dataset can be used for the AI model to match invoice lines with orders in the Enterprise Resource Planning (ERP) software system. In order for the model to work correctly and efficiently, it is important to correctly describe the various options (fields). Below are the definitions of those included in this dataset that play a critical role in training the model. Each field will be used to check the accuracy of invoices and orders, ensure their matching, and prevent data integrity failure. These fields will be processed by the model as basic data points for matching invoices with orders in the ERP system.

Item Code: This field represents an item number that is found on both the invoice lines and the incoming order records of the ERP process. This number, which serves as a unique ID for each product type, is recorded in both text (string) and digital data. The Item Code is a key data point for correctly matching invoice and order records.

Unit: This field describes the unit of material and can contain both text (string) and numeric values. This information, included on invoices and purchase orders (POs), is critical to understanding the quantity and type of product.

Receipt No: It represents a unique identification number (ID) of orders on the ERP side. This field consists of numbers only and can represent multiple order lines. The same Receipt No can contain multiple lines in the ERP and these can be matched to an invoice. This feature is used as a basic data point in the matching process. Curr: This is a field that indicates the currency used in invoices and purchase orders (POs). This field is stored in text (string) format and is used to identify different currencies. Currency information plays an important role in checking the accuracy of invoice and order details.

Currate: This is a field that expresses the exchange rates used in invoices and purchase orders (POs). This field is stored in a numerical format and is used to convert different currencies to each other. Exchange rate information is an important parameter in checking the accuracy of invoice and order amounts.

Quantity: Indicates the quantity of goods or services included in invoices and purchase orders (POs). This field is stored in a numerical format only and is used to check the accuracy of products and the availability of orders.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Amnt: Represents unit price information found on invoices and purchase orders (POs). This field is stored in a numerical format only and is a critical data point for accurately calculating the cost of each product or service.

Price: This field is obtained by multiplying the Quantity and Amount fields and is stored in a numerical format. Unit price information on invoices and orders is important for calculating the total value of products or services.

Invoicematerialdesc: Provides the description of the product in the invoice report. This field is a combination of the product name, specifications or other descriptions. Product code, text and digital values are distributed. This is used to ensure that the product details in the invoice file are correctly matched.

2.3. Methodology

The aim of this study is to automate the matching process between purchase order (PO) lines and invoice lines to accelerate accounting workflows, reduce manual labor, and minimize error rates. To achieve this, a deep learning-based model has been developed, and its performance has been enhanced through detailed processes of data preprocessing, model training, and prediction. The methodology of the study is presented below under three main sections.

2.4. Model Architecture

The proposed model consists of two main components. The first component is the feature extractor, which uses a convolutional neural network (CNN) to analyze relationships between two entities and extract meaningful features from these interactions. This layer is designed to effectively handle both textual and numerical data types, providing robust feature representations for the matching process. The second component is the matching prediction mechanism, where the features extracted by the CNN are processed by a fully connected network. This network calculates the matching probabilities of entity pairs by leveraging learned weights to evaluate the relative importance of input data. The decisionmaking process is driven by these weights, ensuring that the model assigns appropriate significance to each input.

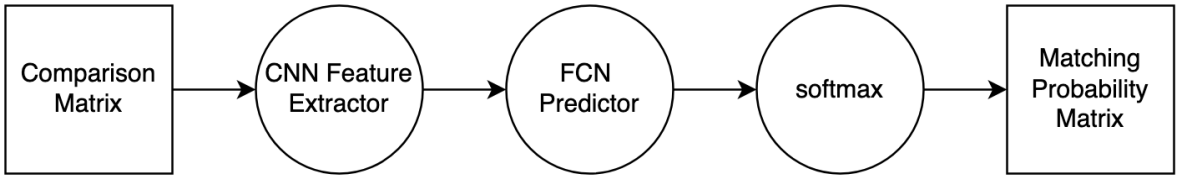


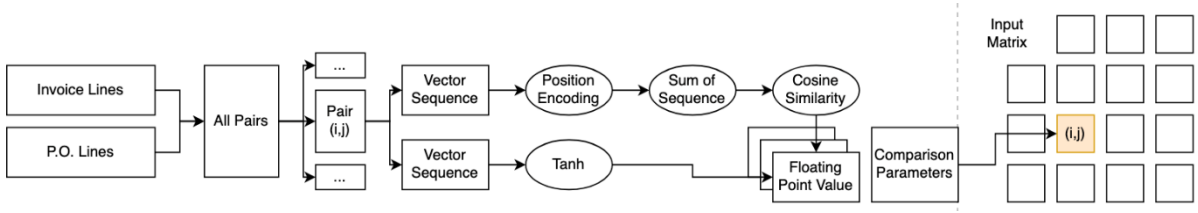
Figure 1. Model Architecture

Figure 1 visualizes the architecture of the model. The input section includes ”PO Lines” and ”Invoice Lines,” which are passed to the CNN layers for feature extraction. The outputs of the CNN are then fed into the fully connected network, which produces the final output as ”Matching Probability.” This figure is designed to provide readers with a clear understanding of the internal workings of the model.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.5. Data Processing

To improve model accuracy and reduce data complexity, a comprehensive data preprocessing pipeline has been implemented. The preprocessing is divided into two main parts. The first part involves numerical data processing, where numerical values are normalized based on the ratio of differences between two compared values. This normalization process is performed using the tanh function, which scales the values to the range of [-1, 1]. The second part addresses textual data processing. Textual fields are tokenized and vectorized using a BERT-based tokenizer. These vectors are then enriched with positional embeddings to preserve contextual and spatial information. Finally, the resulting vectors are compared using cosine similarity, which quantifies the degree of similarity between the two text fields. This preprocessing approach ensures that both numerical and textual data are adequately prepared for the matching task, enhancing the overall performance of the model.



Figue 2. Data Preprocessing

Figure 2 details the data preprocessing steps. On the left side, the inputs, ”PO Lines” and ”Invoice Lines,” are depicted. Numerical data undergoes difference ratio calculation and tanh normalization, while textual data is processed through BERT-based tokenization and positional embedding. Both streams converge to form a ”Matching Matrix,” which is subsequently used as input to the model. This figure highlights the structured steps in the data preprocessing workflow, making the process easy to follow for readers.

2.6. Complete System

The system is designed as a sequence of three main processes: data preprocessing, model training, and prediction. In the first phase, potential matches between PO and invoice lines are generated, and the input data is prepared to meet the requirements of the model. During the model training phase, the model learns matching probabilities from the training dataset, improving its accuracy through iterative learning. Finally, in the prediction phase, the trained model calculates matching probabilities for new datasets. Low-probability matches are filtered out for manual review, while high-probability matches are directly forwarded to the results.

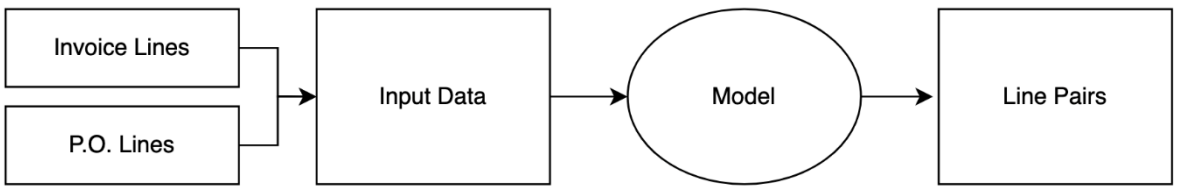


Figure 3. System Workflow

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 3 illustrates the overall operation of the system through a flow diagram. The process begins with ”Data Preprocessing,” transitions to ”Model Training,” and concludes with the ”Prediction Phase.” At the end of the workflow, low-probability matches are directed to manual review, while high-probability matches are automatically accepted. This figure serves to visualize the organization and progression of the entire methodology, providing a comprehensive overview for readers.

3. RESULT

The performance of the proposed model for automating the matching process between purchase order (PO) lines and invoice lines was evaluated using several metrics. The model's overall accuracy was calculated as 59.59%, reflecting its classification success across the entire dataset. Precision, which indicates the proportion of correctly classified positive predictions, was 41.07%, demonstrating how accurately the model identified true matches among its positive predictions. Recall, representing the proportion of actual positives correctly identified, was measured at 69.77%, highlighting the model's ability to detect matches. The F1 score, which balances precision and recall, was calculated as 51.89%. Specificity, which measures the proportion of correctly identified negatives, was found to be 61.29%, showing the model's capacity to distinguish between negative classes.

4. DISCUSSION

The performance evaluation of the model reveals both strengths and weaknesses in the matching prediction process. The accuracy rate indicates that the model has moderate classification success but requires further improvement. The precision rate shows that nearly half of the positive predictions were incorrect, reflecting a need for better handling of false positives. However, the recall rate demonstrates that the model performed well in detecting actual matches. The F1 score, which reflects the balance between precision and recall, indicates overall acceptable performance, exceeding 50%.

REFERENCES

1. Bahmani, Z. B. (2017). ERBlox: Combining matching dependencies with machine learning for entity resolution. *nternational Journal of Approximate Reasoning*, (s. 83, 118-141).

2. Barlaug, N. &. (tarih yok). Neural networks for entity matching: A survey. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data. *TKDD*, (s. 1-37).

3. Dijk, Y. V. (2023). *Invoice Matching with Level of Confidence.*

4. Fang, Z. C. (2019). Joint Entity Linking with Deep Reinforcement Learning. *The world wide web conference*, (s. 438-447).

5. Holeček, M. (2023). Information Extraction from Structured Business Documents.

6. Krivosheev, E. A. (2021). Business Entity Matching with Siamese Graph Convolutional Networks. *Business entity matching with siamese graph convolutional networks. In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, (s. Vol. 35, No. 18, pp. 16054-16056).

7. Maurya, C. K. (2020). Online Similarity Learning with Feedback for Invoice Line Item Matching., (s. arXiv:2001.00288).

8. Mudgal, S. L. (2018). Deep Learning for Entity Matching: A Design Space Exploration. *Proceedings of the 2018 international conference on management of data*, (s. 19-34).

9. Peeters, R. S. (2023). Entity Matching using Large Language Models. *arXiv preprint arXiv:2310.11244*.

10. Shen, W. W. (2014). Entity Linking with a Knowledge Base: Issues, Techniques, and Solutions. *EEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, (s. 443-460).

11. Wang, J. L. (2011). Entity Matching: How Similar is Similar., (s. 622-633).

12. Wang, J. L. (2022). Machop: an end-to-end generalized entity matching framework. *Proceedings of the Fifth International Workshop on Exploiting Artificial Intelligence Techniques for Data Management*, (s. 1-10).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

React Native vs Flutter: Çapraz Platform Yazılım Geliştirme Araçlarının Native Donanım Özelliklerini Kullanımı ile Performans ve Enerji Tüketiminin Karşılaştırılması

Yüksek Lisans Öğrencisi Berk BAY
Ege Üniversitesi / Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
berk.bay.ce@gmail.com - 0009-0007-4207-6985

Dr. Öğretim Üyesi İlker KOCABAŞ
Ege Universitesi / Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
ilker.kocabas@ege.edu.tr - 0000-0001-7751-3136

ÖZET

Değişen dünya ve gelişen teknolojiler ile birlikte mobil cihazlar insan hayatında önemli bir yere sahip olmuştur. Farklı mobil uygulama yayınlama ve geliştirme platformları, zamanla ortaya uygulamanın platformlar arası tutarlılığı, iş gücü verimliliği, güncel teknoloji takibi, geliştirme ve bakım maliyeti gibi konularda sorunlara neden olmuştur. Çapraz platform yazılım geliştirme teknolojisi bu sorunlara çözüm olması hedeflenerek ortaya çıkmıştır. Çapraz platform yazılım geliştirme çerçeveleri, birden fazla platform ve işletim sistemine tek bir kod tabanı ile uygulama geliştirmeyi sağlamaktadır. Bu yaklaşım mobil uygulama geliştirme süreçlerini basitleştirir, verimliliğini arttırır, bakım maliyetini düşürür ve farklı platformlardaki uygulama tutarlılığını arttırarak kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir. React Native ve Flutter popüler çapraz platform yazılı geliştirme çerçevelerindendir. Bu çerçeveler cihazdaki yerel donanımlara erişim, kullanıcı arayüzlerinin hazırlanması ve cihaz kaynaklarının verimli kullanılması için bir dizi yöntem sağlamaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı çapraz platform yazılım geliştirme teknolojileri içerisinde yaygın olarak kullanılan React Native ve Flutter çerçevelerinin mimari yapılarının, yerel donanım kaynaklarına erişim için kullandığı yapı ve methodların, bu kaynakları kullanarak oluşturulan geliştirmelerdeki performanslarının karşılaştırılmasıdır. Çalışma kapsamında çerçevelerin yerel kaynakları kullanarak kullanıcıya sunduğu bazı geliştirmelerin kopya demoları iki platform için de hazırlanmış, bu demolar üzerinden performans testleri gerçekleştirilmiş, farklı performans parametrelerinde karşılaştırmalar yapılmış ve iki çerçevenin mimari yapıları ile yerel donanım kaynaklarına erişim için kullandığı methodlar incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda enerji tüketimleri açısından net farklar gözlemlenemiş olsa da, performans metrikleri incelendiğinde okuyuculara belirli farklar sunmuştur. Değerlendirilen mimari yapı ve yerel kaynaklara erişim methodları ile beraber elde edilen tüm sonuçlar geliştiricilere ve yatırımcılara bir mobil uygulama geliştirmeden önce tercih edecekleri çerçeve konusunda fikir sunmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: React Native, Flutter, Çapraz Platform, Mobil Uygulama, Yazılım Geliştirme

React Native vs Flutter: Comparison of Performance and Energy Consumption of Cross-Platform Software Development Tools Using Native Hardware Features

Master's Student Berk BAY

Ege University / International Computer Institute

berk.bay.ce@gmail.com - 0009-0007-4207-6985

Assistant Professor Dr. İlker KOCABAŞ

Ege University / International Computer Institute

ilker.kocabas@ege.edu.tr - 0000-0001-7751-3136

ABSTRACT

With the evolving world and advancing technologies, mobile devices have become an integral part of human life. Various mobile application development and publishing platforms have introduced challenges over time, such as cross-platform consistency, workforce efficiency, keeping up with technological advancements, and development and maintenance costs. Cross-platform software development technologies have emerged as solutions to address these challenges. Cross-platform frameworks enable the development of applications for multiple platforms and operating systems using a single codebase. This approach simplifies mobile application development processes, enhances efficiency, reduces maintenance costs, and improves user experience by increasing consistency across platforms. React Native and Flutter are among the most popular cross-platform development frameworks. These frameworks provide a variety of methods for accessing native hardware on devices, designing user interfaces, and utilizing device resources efficiently. In light of this information, this study aims to compare the architectural structures of React Native and Flutter, two widely used frameworks in cross-platform software development, focusing on the methods and structures they employ for accessing native hardware resources and their performance in implementations utilizing these resources. Within the scope of this study, copy demos of certain functionalities utilizing native resources were developed for both platforms. Performance tests were conducted on these demos, and comparisons were made across various performance parameters. Additionally, the architectural structures of the two frameworks and the methods that used for accessing native hardware resources were examined and evaluated. While the results did not reveal significant differences in energy consumption, notable distinctions in performance metrics were observed, offering insights to readers. The findings, combined with the evaluated architectural structures and resource access methods, provide developers and investors with guidance on selecting the appropriate framework before embarking on mobile application development.

Keywords: React Native, Flutter, Cross-Platform, Mobile Application, Software Development

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

GİRİŞ

Akıllı telefonlar teknolojinin getirdiği yeniliklerle birlikte sadece birer haberleşme aracı olmaktan çıkmış, birçok farklı alanda insan hayatını kolaylaştıran araçlara dönüşmüşlerdir. Bu sebeple akıllı telefonlara olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Kumcağız ve diğerleri, 2020). Gelişen teknolojiler ile birlikte 2023 yılındaki dünyada akıllı telefon kullanan kişi sayısı yaklaşık 4 milyarken, 2024 yılının sonuna gelindiğinde bu sayının tahminen 5 milyara yaklaşması beklenmektedir (Dean, 2024).

Kasım 2007 yılında Google tarafından Android işletim sistemi duyurulmuştur (Okediran ve diğerleri, 2014). Android uygulamalar Java ve Kotlin gibi yazılım dilleri ile geliştirilmektedir (Android Sürümleri Hakkında, 2024). IOS işletim sistemi, 29 Haziran 2007'de piyasaya sürülen iPhone ile birlikte ilk olarak kullanılmıştır. IOS, Objective-C ve Swift gibi yazılım geliştirme dilleriyle geliştirmeye olanak sağlamaktadır (Verma ve Sambhav, 2020).

IOS veya Android işletim sisteme uygulama geliştirirken platformların yerel dillerinin kullanılması gerekmektedir. Bu durum nedeniyle iki farklı platformda geliştirme yapabilmek için daha fazla zaman ve istihdam sağlanmalıdır. Aynı zamanda iki platforma da uygulama geliştirilmek istenirse süreç iki kat uzayacaktır. Bu da uygulamanın geliştirme ve bakım maliyetini artırmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak akıllı cihazların popülerleşmesini takip eden yıllarda birçok çapraz platform yazılım geliştirme aracı ortaya çıkmıştır (Leandersson, 2022). Google Trendlerden alınan veriler ışığında, günümüzde en popüler iki çapraz platform yazılım geliştirme aracı React Native ve Flutter'dır (Google/Institution, n.d.).

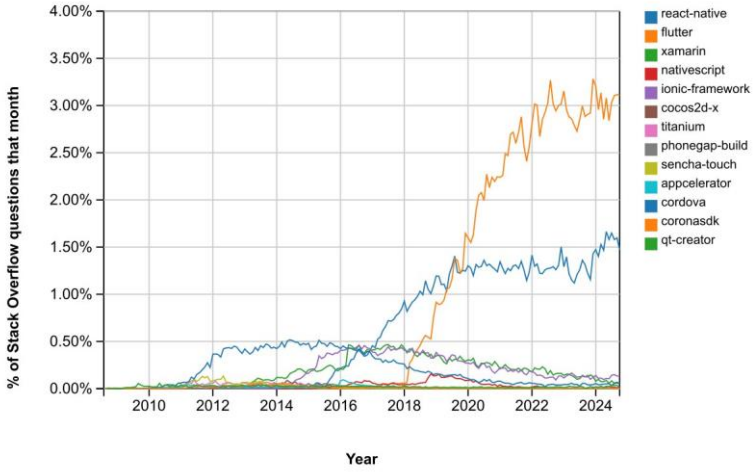
MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRME TEKNOLOJİLERİ

Mobil uygulamaların zaman içerisinde gösterdiği gelişim ile birlikte mobil uygulama geliştirilirken kullanılan metotlarda değişiklikler yaşanmıştır (Hu, 2023). IOS platformunda, 1983 yılında duyurulan Objective-C ve 2014 yılında Objective-C'nin getirdiği zorlukları ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilerek duyurulan Swift dilleri kullanılmaktadır (Gut ve diğerleri, 2017). 1995 yılında tanıtılan Java resmi olarak Android platformu için desteklenen ilk yazılım dilidir (Schwermer, 2018). 2017 yılında Google tarafından Kotlin için resmi destek açıklanmıştır. Java ile tam uyumluluk sağlamaktadır (Ardito ve diğerleri, 2020). Yerel uygulamalar, iOS veya Android gibi işletim sistemleri için işletim sistemine özel olarak geliştirilen uygulamalardır. Bu nedenle hazırlandıkları platformların kendi yazılım dillerinde geliştirilirler (Abrahamsson ve Berntsen, 2017). Farklı işletim sistemleri için geliştirilecek uygulamalarda bu durum maliyetlerin artmasına neden olur, fakat çapraz platform yazılım geliştirme dillerine göre çalıştıkları cihazda daha düşük kaynak tüketimi ve daha yüksek performans vermeleri nedeniyle daha kullanıcı dostu uygulamalar geliştirilebilmektedir (Hu, 2023).

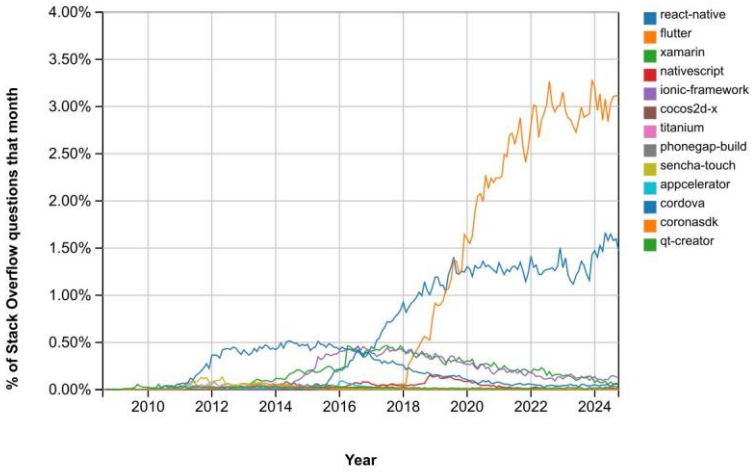
Tek bir kaynak koduyla birden fazla platforma uygulama geliştirme hedefiyle ortaya çıkan çapraz platform methodları, yerel platform yazılım geliştirme dillerine göre sağladıkları geliştirme süreci ve bakım avantajları ile popülerlik kazanmıştır. Çapraz platform yazılım

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

geliştirme araçlarına React Native, Flutter, Xamarin, Ionic gibi yazılım geliştirme araçlarını örnek olarak verilebilir (Gülcüoğlu ve diğerleri, 2021). Stack Overflow ilgili soru aratma yüzdelik verilerine göre 14 Kasım 2024 tarihi itibariyle bunların içinde en popüler olanları React Native ve Flutter olduğu



Görsel **19**'de görülmektedir (Overflow, n.d.).



Görsel 19. Mobil Geliştirme Çerçevelerinin Popülarite Trendleri, 2024 , (Overflow, n.d.)

React Native, Javascript yazılım geliştirme dili kullanılarak geliştirmiş, mobil platformlar için uygulama geliştirmek için kullanılan açık kaynak kodlu bir çapraz platform yazılım geliştirme çerçevesidir. Yerel yazılım geliştirme dilleriyle performansı kıyaslandığında yakın sonuçlar vermektedir (You ve Hu, 2021). 2015 yılında Facebook tarafından geliştirilmiştir. (Shah ve diğerleri, 2019).Flutter ise ücretsiz bir platform olup Dart yazılım geliştirme diliyle geliştirilen çapraz platform uygulama geliştirme çerçevesidir. React Native'e benzer şekilde Flutter yerel yazılım geliştirme dilleri ile geliştirilen Android ve IOS işletim sistemleri uygulamalarıyla performans olarak yakınlık göstermektedir (You ve Hu, 2021). Google tarafından 2016 yılında piyasaya sürülmüştür(Tashildar ve diğerleri, 2020). Şekil … ' de Flutter ile yazılmış uygulamalar gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

React Native

React Native, çapraz platform mobil uygulama geliştirme çerçevesi mobil uygulama geliştirmek için kullanılan popüler çerçevelerden biridir (Tajik ve Lindström, 2023). 2015 yılında Facebook tarafından React.js için düzenlenmiş konferansta duyurulmuştur. Açık kaynak olarak sunulan React Native, iOS ve Android işletim sistemlerinde tek bir kaynak kod kullanarak uygulama geliştirmeyi hedeflemektedir (Hansson ve Vidhall, 2016). React Native, açık kaynak kodu olması nedeniyle, Facebook içindeki topluluk dışında da ortaya çıkan ve gelişen bir topluluğa sahiptir (Alpert, 2018). React Native'in temel avantajlarından biri, geliştiricinin mevcut JavaScript ve React kodlarını doğrudan veya az değişiklikle React Native'e uygulanabilmesi ve mobil uygulamaya yansımasıdır. Ayrıca React Native, gerçek zamanlı olarak kod değişikliklerini görmeyi mümkün kılan "live reload" özelliğine sahiptir (Paul & Nalwaya, 2019). JSX (JavaScript XML), React Native tarafından geliştiricilere kullanımı tavsiye edilen ve geliştiriciler tarafından yaygın olarak da kullanılan JavaScript uzantılı bir sözdizimidir (Beshir, 2016).

React Native'i diğer çapraz platform yazılım geliştirme çerçevelerinden ayıran özellik JavaScript ile yerel platform bileşenleri arasında etkileşimi sağlayan köprü (bridge) yapısı olarak göze çarpmaktadır (Tajik ve Lindström, 2023). Köprü aracılığıyla JavaScript kodunun yerel API'lar ile çalışması, konum, kamera vb. yerel donanım özellikleriyle etkileşime girebilmesi anlamına gelmektedir (Hansson ve Vidhall, 2016). React Native 0.68 versiyonuyla yeni mimari yapısını geliştiricilere sunmuştur. Her gün gelişmekte olan yeni mimari yapısı çalışmanın yapıldığı tarihte varsayılan ve kararlı hale gelmemiştir. Yeni mimari yapıda köprü yapısı ortadan kalkmaktadır. Köprü yapısı yerine referanslar tutarak çalışan JSI yapısına geçilmektedir (React Native Architecture, 2024). Yeni mimari yapının dört ana bileşeni Codegen, JSI (JavaScript Interface), TurboModules ve Fabric'tir (Nenha, 2024).

Flutter

Flutter'ın ilk kararlı sürümünün yayınlanma yılı 2018'dir. Açık kaynak kodlu olarak, Google tarafından geliştirilmiş, çapraz platform uygulama geliştirime çerçevesidir. Flutter 2021 yılında tanıtılmış 2.0 sürümü ile birlikte masaüstü (macOS, Linux ve Windows) ve web tabanlı uygulamalar için resmi olarak destek vermeye başlamıştır. Bu eklemeyle beraber Flutter, geliştiricilere tek bir kaynak kod tabanı ile Android ve IOS başta olmak üzere Windows, macOS, Web ve Linux için uygulamalar geliştirme fırsatı sunar hale getirilmiştir (Palumbo, 2021). Flutter, birbirinden farklı platformlarda kullanıcıya yüksek performanslı ve doğal hissettiren uygulamalar sunmayı hedeflemektedir (Flutter architectural overview, 2024).

Flutter mimarisi, katmanlı ve aynı zamanda genişletilebilir bir sistem olarak planlanmıştır (Zhou, 2024). Çeşitli hizmetlerin, farklı bileşenlere bölünmesi ve her bir bileşeninde net biçimde tanımlanmış görevlerinin oldugu bir yapı olması, katmanlı yapısının sebebi olarak ortaya konmaktadır (Palumbo, 2021). Flutter mimarisindeki bu katmanlar, uygulama geliştirme süreçlerini ve uygulama arayüzünün işlenmesi için gerçekleşecek işlemlerin verimi arttırmaktır (Zhou, 2024). Flutter, Dart programlama diliyle uygulamaların yazılmasını sağlamaktadır. Dart programlama dilinin tercih edilmesinin nedeni, nesne yönelimli bir programlama dili olması, önceden derleme olarak ifade edilen AOT (ahead-of-time) desteği ve uygun kullanıcı arayüzü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

geliştirme yapısı olarak açıklanabilmektedir. Dart programlama dilinin AOT ile derleme gerçekleştirmesi, Flutter ile geliştirilen uygulamaların tüm platformlardaki çalışma performansını arttırmaktadır ve uygulamaların doğrudan yerel kod üzerine derleme yapmasını mümkün kılmaktadır (Slepnev, 2020). Flutter, 3 temel mimari katmana sahiptir, Flutter Framework(Çerçeve), Flutter Engine(Motor) ve Flutter Embedder(Gömücü) bu katmanlara verilen isimlerdir (Flutter architectural overview, 2024).

Flutter'da widgetlar, Flutter kullanıcı arayüzünün temel yapı taşlarıdır. Flutter ile geliştirilen uygulamalar, uygulamanın kendisi de dahil olmak üzere her şey bir widget mantığıyla geliştirilir. Her widget, sahip olduğu kendi üst widget'ının içine yerleştirilirken, bağlamını da üst widget'dan alabilir. Kurgulanan bu yapı tüm uygulama için geçerli olup, en üstten başlayarak aşağıya doğru bir ağaç yapısı oluşturur (Widgets, 2024).

MOBİL TESTLER

Çapraz platform yazılım geliştirme araçları mobil uygulamalar, web uygulamaları, tv uygulamaları ve masaüstü uygulamaları gibi bir çok alanda uygulama geliştirebilme yeteneğine sahiptir. Ancak bu çalışma çerçevesinde mobil cihazlar üzerinden testler gerçekleştirilecektir. Testlerde kullanılacak olan cihazların özellikleri Çizelge Error! No text of specified style in document.**.12**'de yer almaktadır.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.12. Kullanılacak Test Cihazlarının Özellikleri**

Özellik	**Galaxy A53 5G**	**iPhone 14**
İşlemci Kapasitesi	2x2.4 GHz ARM Cortex-A77 + 6x20 GHz Cortex-A55	A15 Bionic
RAM Kapasitesi	8 GB	6 GB
Dahili Hafıza	64 GB	128 GB
Pil Gücü	5000 mAh	3279 mAh
İşletim Sistemi	Android 14	iOS 17.7

Gerçekleştirilecek olan testlerde React Native ve Flutter çapraz platform yazılım geliştirme çerçeveleri ile hazırlanmış, çerçeveler popüler olarak kullanılan özellikler barındıran 5 demo uygulama değerlendirlecektir. Bu çerçeveler ile geliştirilmiş iki birbirinin aynısı uygulama kullanılarak Android ve IOS platformlarında testler gerçekleştirilecektir. Testler için hazırlanacak uygulamalar geliştirilirken çerçeveye özgü yardımcı kütüphaneler yararlanılacaktır. Kullanılan yardımcı kütüphaneler testlerin gerçekleştirildiği tarihte her iki çerçeve içinde popüler olarak kullanılan yardımcı kütüphanelerdir. İlgili yardımcı kütüphaneler Çizelge Error! No text of specified style in document.**.13**'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

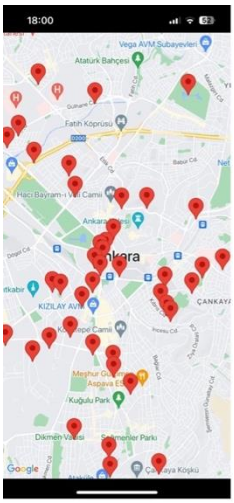
Çizelge Error! No text of specified style in document.**.13. Çerçevelerin Testlerde Kullanılacak Yardımcı Kütüphaneleri**

Özellik	**React Native**	**Flutter**
Test 1: Google Maps	react-native-maps	google_maps_flutter
Test 2: Kamera	react-native-vision-camera	camera
Test 3: Konum	react-native-vision-camera expo-location	google_maps_flutter geolocator
Test 4: İvmeölçer	react-native-chart-kit	fl_chart
Test 5: Dosya Okuma/Yazma	react-native-fs	path_provider

Testler sırasında React Native ve Flutter çerçevelerinin, testlerin gerçekleştirildiği tarihteki en kararlı güncel versiyonları kullanılacaktır. Testler süresince her iki cihazda ve her iki çerçevede yapılacak işlemler birbirinin aynısı olacaktır. Her bir test için cihazların normal ısı seviyelerine düşmesi beklenecek ve telefonlar yeniden başlatılarak donanımlarının başka uygulamalardan tarafından meşgul olmaması sağlanacaktır. Tüm işlemleri gerçekleştiren uygulamalar, testler tamamlandıktan hemen sonra kapatılacaktır. Tüm testler en az 3 kere tekrarlanacak ve elde edilen verilerin ortalamaları hesaplanarak test sonuçları olarak paylaşılacaktır.

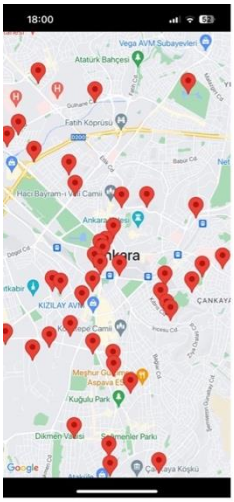
Test 1: Google Haritalar

Test 1, Google Haritalar'ı kullanan bir mobil uygulamanın demosunu içermektedir. Herhangi bir native donanıma erişmeden, Google Haritalar uygulamasını geliştirdiğimiz uygulamada kullanarak çerçevelerin platformlardaki performansını görmek amacıyla planlanmıştır. Test süresince cihazdaki yükü arttırmak, gerçeğe yakın bir senaryoyu canlandırabilmek için belirlenen konumun yakınına 100 adet marker yerleştirilecektir.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

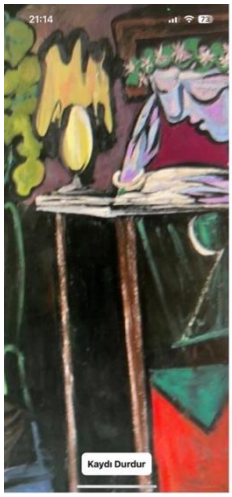
Görsel 20. Google Haritalar Test Uygulaması

Uygulamanın temel görünümü 

Görsel **20**‘ de yer almaktadır. Harita üzerine yerleştirilen 100 adet marker ile performans yükünün arttırılması ve elde edilecek verilerin daha ayrıştırıcı olması hedeflenmektedir. Her iki işletim sisteminde ve yazılım geliştirme platformunda gerçekleştirilecek olan test süresince iki kere sol, iki kere sağ, iki kere yukarı, iki kere aşağı ve iki kere yakınlaştırıp uzaklaştırma hareketleri yapılacaktır. Bu hareket zinciri tek bir test için 2 kere yapılacak, hemen ardından test sonlandırılacak ve uygulamanın performans verileri kaydedilecektir.

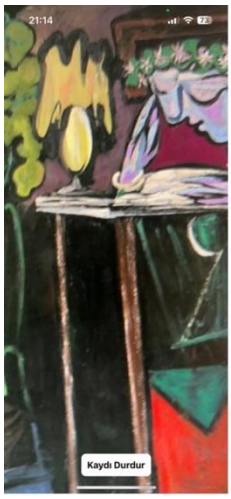
Test 2: Kamera

Test 2, basit kamera kullanımı içeren bir mobil uygulama demosudur. Uygulama cihazın kamera donanımına erişim sağlayarak, belirlenen işlemleri gerçekleştirecek şekilde planlanmıştır. Test süresince cihaz’daki kamera donanımına erişen uygulamaların performansını görmek amacıyla kamera ile video kaydı yapılacak ve fotoğraf çekme özelliği tekrarlanarak testler gerçekleşecektir.



Görsel 21. Kamera Test Uygulaması

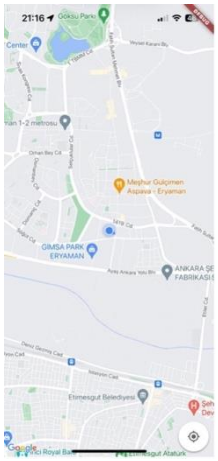
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Kamera testi için hazırlanan mobil uygulamanın görüntüsü 

Görsel **21**‘ de yer almaktadır. Her iki işletim sisteminde ve yazılım geliştirme platformunda gerçekleştirilecek olan testlerde sırasıyla uygulama açıldıktan 10 saniye sonra video kaydı otomatik olarak başlayacak, video kaydı başladıktan 20 saniye sonra otomatik video kaydı sonlandırılacaktır. Sonlandırma işlemi sonrasında 1 saniye aralıklar ile 10 saniye boyunca otomatik fotoğraf çekimi yapacaktır. Video çekimi sırasında kamera açısı test eden kişi tarafından 4 saniye aralıklar ile değiştirilecek, otomatik fotoğraf çekimi sırasında da 1 saniye aralıklar ile bu işlem tekrarlanacaktır.

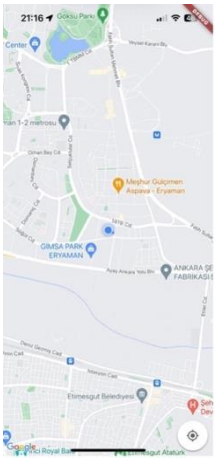
Test 3: Konum

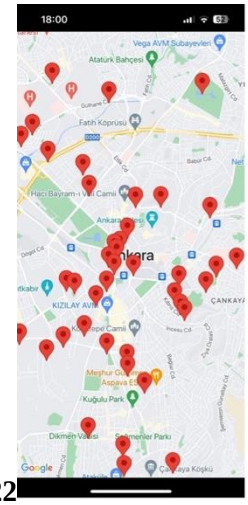
Test 3, cihazdan konum bilgisini alıp Google Haritalar uygulamasında canlı olarak gösteren bir mobil uygulamanın demosudur. Uygulama, cihazın konum özelliğini aktif etmesini kullanıcı izni ile sağlayarak, konum özelliğinden anlık verileri okuyup kullanıcılara göstermesi üzerine planlanmıştır. Testler sırasındaki uygulamadaki performans yükünü arttırmak amacıyla bir dizi işlem yapılacaktır.



Görsel 22. Konum Test Uygulaması

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Uygulamanın temel görünümü 

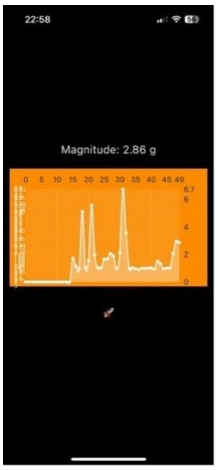
Görsel **22** 

Görsel 20'de yer almaktadır. Her iki işletim sisteminde ve yazılım geliştirme platformunda gerçekleştirilecek olan test süresince iki kere sol, iki kere sağ, iki kere yukarı, iki kere aşağı ve iki kere yakınlaştırıp uzaklaştırma hareketleri yapılacaktır. Bu hareket zinciri tek bir test için 2 kere yapılacak, hemen ardından test sonlandırılacak ve uygulamanın performans verileri kaydedilecektir.

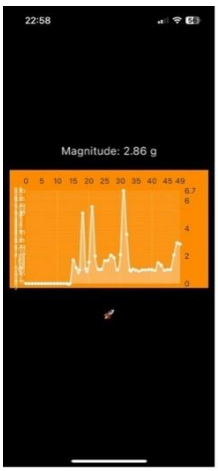
Test 4: İvmeölçer

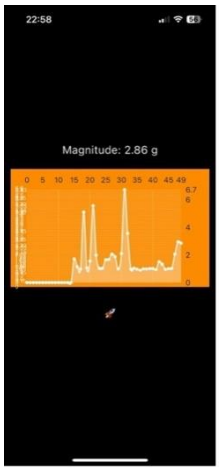
Test 4, bir mobil uygulamada cihazın ivme sensörünü kullanan bir özelliğin demosu olarak planlanmıştır. Uygulama, cihazın sensör donanımına erişim sağlayarak, anlık olarak ivme sensöründen verileri okuyacaktır. Test süresince cihaz'daki sensör donanımına erişen uygulamaların performansını ayrıştırmak ve uygulamadaki yükü arttırmak için alınan veriler ile bir grafik oluşturması beklenecektir. Her iki çerçeve ve platformda da belirlenen değerin üstüne çıkması ekranda çizilen grafiğin altına bir animasyon göstermesi planlanmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 23. İvmeölçer Test Uygulaması

İvmeölçer testi için hazırlanan mobil uygulamanın görüntüsü 

Görsel **23**'de yer almaktadır. Her iki işletim sisteminde ve yazılım geliştirme platformunda gerçekleştirilecek olan testlerde sırasıyla uygulama açıldıktan sonra anlık olarak alınan sensör verileri ekrandaki grafiğe yansıyacak şekilde planlanmıştır. İvme değerinin 2,5g değerini geçmesi halinde 

Görsel **23**'de görülebileceği üzere grafiğin altında bir roket ikonu animasyon ile ortaya çıkmaktadır. Tüm ortam ve çerçeve testlerinde 3 kere animasyonun tetiklenmesi sağlanacaktır. Verilerin değerlendirilmesi aşamasında cihazdaki ilk grafik oluşturma işlemi sırasındaki performans metrikleri dikkate alınmayacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Test 5: Dosya Yazma/Okuma

Test 5, uygulamadan cihaz dosya yazma işlemini ve uygulamanın cihazdan dosya okumasını işlemini simüle eden bir işlem demosudur. Flutter ve React Native çerçeveleri ile hazırlanan uygulamalarda farklı işletim sistemlerindeki cihaza dosya yazma ve cihazdan dosya okuma özelliğinden yararlanarak belirli testler gerçekleştirilecektir. Farklı boyutlarda dosyalar üzerinde işlemler gerçekleşecek ve performansları arasında ayrıştırma yapılması hedeflenecektir.



Görsel 24. Dosya Yazma/Okuma Test Uygulaması

Dosya Yazma/Okuma testi için kullanılacak uygulamaların örnek görüntüsü Görsel 24'da yer almaktadır. Testler sırasında cihaza yazılacak ve cihazdan okunacak dosyaların boyutları 1 MB, 10 MB ve 25 MB olarak belirlenmiştir. Test edilen tüm uygulamalarda belirlenen boyutlardaki dosyalar önce cihaza yazılacak, ikinci dosyanın yazımına geçilmeden önce, cihaza yazılan dosya için uygulama tarafından cihazdan okuma işlemi gerçekleştirilecektir. Sırasıyla bu işlem 1 MB, 10 MB ve 25 MB dosya için gerçekleştikten sonra elde edilen veriler kaydedilecektir.

TEST SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen performans testlerinin ölçümlenmesi için IOS'da hazırlanan uygulamar için XCode'un içinde yer alan Instruments aracı, Android'de hazırlanan uygulamalar için Android Studio'nun içerisinde yer alan Profiler aracı kullanılmıştır. Bu bölümde her iki çerçeve ve platformda yapılan testlerden elde edilen verileri paylaşılacak, paylaşılan veriler üzerinden karşılaştırmalar yapılacaktır. Yapılan karşılaştırmalar ile hazırlanan demo uygulamarda elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

Test Sonuçları

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.14. Test 1: Google Haritalar Sonuçları**

İşletim Sistemi	**IOS**		**ANDROID**	
Çapraz Platform Çerçevesi	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

İşlemci Kullanımı (CPU)	%56,89	%48	%35- %40	%28 - %33
RAM Kullanımı	849,73 MiB	650,72 MiB	290 mb – 300 mb	320 mb – 330 mb
Bellek Kullanımı	280,26 MiB	200,73 MiB	170 mb -180 mb	170 mb – 180 mb
Enerji Tüketimi	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Düşük
Grafik Kullanımı	%11,56	%13,53	145 mb – 155 mb	100 mb – 110 mb

Google Haritalar için gerçekleştirilen testlerden elde edilen çerçeve ve platform özelindeki sonuçlar Çizelge Error! No text of specified style in document.**.14**'de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde IOS platformunda geliştirilen uygulamalarda React Native CPU kullanımı, RAM kullanımı ve Bellek kullanımı metriklerinde Flutter'a göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Grafik kullanımı metriğini değerlendirdiğimizde IOS platformunda Flutter'ın React Native'e kıyasla daha iyi bir verdiği görülmektedir. Android işletim sistemi için gerçekleştirilen test sonuçları incelendiğinde ise CPU kullanımı ve Grafik kullanımı metriklerinde elde edilen sonuçlarda React Native Flutter'a kıyasla daha iyi performans gösterirken, Flutter ile geliştirilen uygulama Ram kullanımı sonuçlarında React Native'e daha iyi performans göstermiştir. Android platformunda her iki çerçeveninde Bellek kullanımı sonuçları benzerlik göstermektedir. Enerji tüketimi değerlerinde ise her iki çerçevede, IOS platformunda kullanılan ölçüm aracı olan XCode'un çok yüksek kategorisinde yer alırken, Android platformunda sonuçları ölçümlemek için kullanılan Android Studio'ya göre düşük kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**15. Test 2: Kamera Sonuçları**

İşletim Sistemi	**IOS**		**ANDROID**	
Çapraz Platform Çerçevesi	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**
İşlemci Kullanımı (CPU)	%24,33	%8,16	%15- %20	%15 - %20
RAM Kullanımı	338,03 MiB	162,30 MiB	220 mb – 230 mb	255 mb – 265 mb
Bellek Kullanımı	235,02 MiB	26,62 MiB	110 mb -120 mb	100 mb – 110 mb
Enerji Tüketimi	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Düşük

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Grafik Kullanımı	%26,87	%18,03	65 mb – 75 mb	45 mb – 55 mb

Kamera için gerçekleştirilen testlerden elde edilen veriler Çizelge Error! No text of specified style in document.**.15**.2'de yer almaktadır. Elde edilen veriler incelendiğinde IOS ve Android platformunda geliştirilen uygulamalarda React Native, Bellek kullanımı ve Grafik kullanımı metriklerinde Flutter'a göre daha iyi performans sonuçları vermiştir. IOS işletim sistemi özelinde CPU kullanımı ve RAM kullanımında da React Native daha iyi sonuç verirken, Android işletim sistemindeki RAM kullanımı değerlerinde Flutter daha iyi sonuçlar vermiştir. Android için yapılan testlerden elde edilen sonuçlara göre CPU kullanımı için elde edilen veriler her iki çerçeve içinde benzer sonuç göstermektedir. Enerji tüketimi değerlerinde ise her iki çerçevede, IOS platformunda kullanılan ölçüm aracı olan XCode'un çok yüksek kategorisinde yer alırken, Android platformunda sonuçları ölçümlemek için kullanılan Android Studio'ya göre düşük kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.16. Test 3: Konum Sonuçları**

İşletim Sistemi	**IOS**		**ANDROID**	
Çapraz Platform Çerçevesi	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**
İşlemci Kullanımı (CPU)	%47,66	%43,66	%28 - %33	%21 - % 26
RAM Kullanımı	397,38 MiB	282,06 MiB	270 mb – 285 mb	295 mb – 310 mb
Bellek Kullanımı	275,35 MiB	182,54 MiB	165 mb – 180 mb	135 mb – 150 mb
Enerji Tüketimi	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Düşük
Grafik Kullanımı	%11,13	%4,83	145 mb - 160 mb	80 mb – 95 mb

Konum testi için her iki cihazda gerçekleştirilen testlerden elde edilen veriler Çizelge Error! No text of specified style in document.**.16**'de yer almaktadır. Elde edilen veriler incelendiğinde IOS işletim sisteminde React Native ile geliştirilen uygulama tüm performans parametrelerinde Flutter'a kıyasla daha düşük kaynak kullanımı gerçekleştirmiş, bu nedenle performansı daha iyi olarak sonuçlanmıştır. Android platformu dikkate alındığında ise React Native CPU kullanımı, Bellek kullanımı ve Grafik kullanımı verilerinde daha iyi sonuç vermiştir. Flutter ise kamera testi kapsamında sadece Android platformunda RAM kullanımı sonuçlarında React Native'in önünde bir performans sergilemiştir. Enerji tüketimi değerlerinde ise her iki çerçevede, IOS platformunda kullanılan ölçüm aracı olan XCode'un çok yüksek

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kategorisinde yer alırken, Android platformunda sonuçları ölçümlemek için kullanılan Android Studio'ya göre düşük kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.17. Test 4: İvmeölçer Sonuçları**

İşletim Sistemi	**IOS**		**ANDROID**	
Çapraz Platform Çerçevesi	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**
İşlemci Kullanımı (CPU)	%38	%49	%2 - %3	%6 - %8
RAM Kullanımı	418,52 MiB	645, 14 MiB	125 mb – 130 mb	175 mb – 180 mb
Bellek Kullanımı	103,18 MiB	21,72 MiB	95 mb – 100 mb	87 mb – 92 mb
Enerji Tüketimi	Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Düşük
Grafik Kullanımı	%3,26	%1,26	18 mb – 20 mb	24 mb – 26 mb

İvmeölçer sensör testi için hazırlanan uygulamalar üzerinden gerçekleştirilen testlerden elde edilen veriler Çizelge Error! No text of specified style in document.**.17**' da yer almaktadır. Elde edilen veriler incelendiğinde IOS platformunda Flutter ile geliştirilen uygulama CPU kullanımı ve RAM kullanımı metriklerinde React Native'e kıyasla daha düşük kaynak kullanımı gerçekleştirmiştir. Aynı durum Bellek kullanımı ve Grafik kullanımı metriklerinde ise React Native lehine söz konusudur. Android işletim sisteminde ise Bellek kullanımı dışındaki performans metriklerinin tamamında Flutter, React Native'e göre daha iyi sonuç vermiştir. Bellek kullanımında ise sonuç React Native lehinedir. Gerçekleştirilen diğer testlerin aksine Enerji tüketimi değerlerinde bu test de IOS özelinde farklılık söz konusudur. IOS işletim sisteminde XCode kategorilemesine göre Flutter yüksek kategorisinde enerji tüketimi gerçekleştirirken React Native çok yüksek kategorisinde enerji tüketimi gerçekleştirmiştir. Android platformunda da ise Android Studio kategorilemesi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde iki çerçeveninde düşük kategorisinde değerlendirilmektedir.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.18. Test 5: Dosya Yazma/Okuma Sonuçları**

İşlem	**Yazma Süresi (ms)**				**Okuma Süresi (ms)**			
Platform	**IOS**		**Android**		**IOS**		**Android**	
Çerçeve	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**	**Flutter**	**React Native**

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1 MB Dosya	18	405	37	1780	3	816	12	3145
10 MB Dosya	31	4473	99	14925	12	9092	40	26543
25 MB Dosya	79	11874	263	37000	23	23585	84	66648

Dosya Yazma/Okuma testlerinden elde edilen veriler Çizelge Error! No text of specified style in document.**.18**'de yer almaktadır. Bildiri içerisindeki diğer testlerde ölçümlenen parametrelere nazaran, bu test kapsamında uygulamaların cihaza dosya yazma ve cihazdan dosya okuma süreleri üzerinden değerlendirme gerçekleştirilecektir. Bunun temel sebebi Flutter ile hazırlanan uygulamanın işlem sürelerinin çok kısa olması nedeniyle diğer metriklerin karşılaştırılması için yeterli veri toplananamıştır. Elde edilen dosya yazma ve okuma verileri incelendiğinde uygulamaların React Native'in cihazdan dosya okuması için geçen süre yazmak için harcadığı sürenin iki katına yakındır. Flutter'da ise cihazdan dosya okuma işleminin süresi, yazma işleminin süresinin ortalama olarak baktığımızda yaklaşık 3,5 – 4 katına çıkmıştır. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında Flutter'ın React Native'e göre işlemleri çok daha hızlı gerçekleştirdiği görülmüştür.

Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19. Test Sonuçları Özeti**

Testler	**Google Haritalar**		**Kamera**		**Konum**		**İvmeölçer**	
Çerçeve	**IOS**	**Android**	**IOS**	**Android**	**IOS**	**Android**	**IOS**	**Android**
CPU Kullanımı	RN	RN	RN	-	RN	RN	F	F
RAM Kullanımı	RN	F	RN	F	RN	F	F	F
Bellek Kullanımı	RN	-	RN	RN	RN	RN	RN	RN
Enerji Tüketimi	-	-	-	-	-	-	F	-
Grafik Kullanımı	F	RN	RN	RN	RN	RN	RN	F

Her iki platformda, her iki çerçeve ile 5'er farklı tipte popüler olarak kullanılan uygulama özelliklerinin demo uygulaması hazırlanarak yapılan testlerden elde edilen verilerin karşılaştırılması tamamlanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda Dosya Yazma/Okuma testi dışındaki testlerde yapılan karşılaştırmalar sonucunda daha iyi performans değerlerine sahip çapraz platform yazılım geliştirme çerçevesinin gösterildiği özet tablosu Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19**'da yer almaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Dosya Yazma ve Okuma testleri değerlendirildiğinde Flutter'ın, React Native'in dosya yazma ve okuma sürelerine olan karşılaştırmada çok daha kısa sürelere ulaşmıştır. Flutter bu test özelinde işlemleri gerçekleştirme hızı nedeniyle diğer performans metriklerinde hesaplanabilir bir veri elde edilemediği göz önünde bulundurulduğunda, cihaz kaynaklarını çok daha kısa süre kullandığı sonucuna varılmıştır. Varılan bu sonuç ile beraber Flutter ile geliştirilen uygulamanın, React Native ile geliştirilen uygulamaya göre bu test kapsamında çok daha iyi performans verdiği söylenebilir. Bunun nedeninin React Native'e nazaran Flutter mimarisinin kodlarını direkt olarak yerel platformda derleyecek şekilde uygulamasını oluşturması olduğu düşünülebilir. Diğer yandan bu test kapsamında gerçekleştirilen çalışma diğer testlerden farklı olarak sadece dosya yazma ve okuma işlemi ile yerel platform cihazlarıyla iletişimin bir kısmını test etmek amaçlı yapılmıştır.

Gerçekleştirilen diğer testlerin senaryolarında yerel platform ile kurulan iletişim sonrası uygulama içinde bu kaynaktan alınan verilerden yararlanılarak veya kaynağı direkt olarak uygulamada kullanarak gerçek hayatta kullanılan uygulamalar simüle edilmeye çalışılmıştır. Diğer dört test sonuçlarının yer aldığı Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19** incelendiğinde Bellek kullanımında sonuçlarında, Android platformunda gerçekleşen Google Haritalar test senaryosu dışında React Native tüm testlerde Flutter'a göre daha iyi performans göstermiştir. Bellek kullanımının ayırılan kalıcı yeri temsil ettiği göz önünde bulundurulduğunda, bu farkın nedenlerinden birininde, çerçeveler arasındaki paket yönetimi farkı olduğu düşünülebilir. Flutter paketlerini uygulamaya derleme anında dahil ederken React Native ise çalışma zamanında paketlerini uygulamaya dahil eder. Bu durumda derleme anından itibaren cihazdaki uygulamaya ayrılan kalıcı yerin daha fazla olmasına neden olabilir.

Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19**'daki değerler incelenmeye devam edildiğinde, Grafik kullanımı ve CPU kullanımı metriklerinde, her iki platformda gerçekleştirilen dört farklı test senaryosunda React Native elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında sonuçların %75 inde Flutter'a göre daha iyi sonuç vermektedir. Grafik kullanımının ve İşlemci Kullanımının, cihazdaki işlem kapasitesinin kullanımını ifade ettiği düşünüldüğünde, React Native ile geliştirilen bir mobil uygulamanın cihazdaki işlem ve grafik kapasitesini Flutter'a göre daha verimli kullandığı söylenebilir. Bunun metriklerdeki fark ise React Native'in yeni mimari yapısı olarak cihazdaki kaynak ve yerel kodlar ile iletişim için kullandığı TurboModules ve kullanıcı arayüzünü oluşturmak için kullandığı Fabric ile açıklanabilir.

RAM kullanımı metriği için elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise Flutter ve React Native'in gerçekleştirilen dördüncü test senaryosunda Flutter, React Native ile yapılan kıyaslamada daha iyi sonuçlar vermiştir. Dördüncü test senaryosu olan İvmeölçer testi sonuçları değerlendirilirken ilk grafik yüklenmesinin göz önünde bulundurulmadığı ve asıl iş yükünün sensörden veri elde etmek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Flutter'ın paketlerini yerel kodlarda derlemesi geçici ayrılan yer özelinde kendisine avantaj sağladığı söylenebilir. Diğer 3 test içinse yapılan karşılaştırmada durum eşit gözükmektedir. Fakat Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19**'da da gözlemlenebileceği gibi, IOS işletim sisteminde React Native daha iyi sonuç verirken, Android işletim sisteminde Flutter daha iyi sonuçlar vermiştir. React Native'in ilk çıktığında sadece IOS için çıkmış olması, Flutter'ın Google tarafından

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

geliştirilmiş olması gibi genel bilgilerden elde edeceğimiz varsayımlarla bu sonucun beklenebileceğini söyleyebiliriz.

Enerji tüketimi metriğindeki değerlere bakıldığında ise her iki çerçevede Çizelge Error! No text of specified style in document.**.19**'da yer alan sekiz farklı sonucun yedisinde eşit sonuç vermiştir. IOS platformunda gerçekleştirilen ivmeölçer testi diğer sonuçlardan farklı olarak Flutter'ın daha iyi bir enerji tüketimi gerçekleştirdiğini söylemektedir. Tüm bunlar senaryolar göz önüne alındığında XCode ve Android Studio'dan elde edilen bu verilerin yetersiz olduğu, enerji tüketimi karşılaştırması için daha kapsamlı araçlar ve senaryolar uygulanması gerektiği sonucuna varılabilir.

Platformlar özelinde değerlendirme yaptığımızda ise IOS platformunda gerçekleştirilen dört test senaryosundan elde edilen sonuçlara göre enerji tüketimi hariç tutulduğunda React Native minimum sonuçların %75'inde daha iyi sonuç göstermiştir. Toplamda platformalar özelinde enerji tüketimi dışındaki 16 metrik karşılaştırıldığında IOS işletim sisteminde 16 sonuçtan 13 ünde React Native Flutter'a göre daha iyi performans sonuçları verirken, Android işletim sisteminde değerlendirildiğinde React Native lehine ortaya çıkan sonuç sayısı 8 iken, Flutter'ın daha iyi olduğu performans karşılaştırma sonucu sayısı 6'dır.

GENEL DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında popüler çapraz platform yazılım geliştirme çerçevelerinden olan React Native ve Flutter çerçeveleri, hakkında genel bilgiler verilmiş, çerçevelerin mimari yapılarına değinilmiştir. İki çerçevenin cihazların yerel donanım kaynaklarıyla birlikte çalıştığı senaryolar altındaki performansları karşılaştırılmış ve sonuçlar ortaya konmuştur. Simüle edilen senaryolarda, birçok özelliği barındıran uygulamalar için React Native performans verileri öne çıkmıştır. Flutter'ın da direkt yerel donanım erişimi içeren senaryolarda daha iyi performans gösterdiği senaryolar mevcuttur.

Her iki çerçevede çapraz platform uygulama geliştirmeye olanak tanımakla birlikte mimari açıdan farklılıklar barındırmaktadır. Bu farklılıklar, farklı amaçlar doğrultusunda geliştirilecek uygulamalar için de tercih sebebi olabilmektedir. Aynı zamanda her iki platformda geliştiricisi ve topluluk tarafından desteklenmektedir. Flutter birçok özellik için kendi içinde kütüphane barındırırken, React Native'in kendisi temel ve kısıtlı özelliği kendi içinde barındırırken topluluğu tarafından oluşturup geliştirilen yardımcı kütüphaneler ile özellikleri desteklemektedir. Flutter Dart yazılım dili ile geliştirilmiştir. Dart yazılım dili sadece Flutter geliştirmesinde kullanıldığı için olası Dart kaynaklı sorunlarda React Native'e göre daha az kaynak bulunması söz konusu olabilir. React Native'in geliştirildiği JavaScript yazılım dili birçok web, önyüz ve arka yüz geliştirmelerde kullanılan yaygın bir yazılım dilidir. Bu da olası sorunlarda daha fazla kaynağa olanak tanımaktadır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde hem React Native'in hem de Flutter çerçevesinin birbirine göre daha iyi performans verdiği alanlar mevcuttur. Her iki çerçevenin birbirinden daha iyi olduğu yazılım geliştirme süreçlerine dair alanlar mevcuttur. Tüm bunlar değerlendirildiğinde,

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

projenin planlanması aşamasında geliştirici veya yatırımcı tarafından projenin ihtiyaçlarına göre verilecek çerçeve kararına çalışmamızın katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abrahamsson, R. ve Berntsen, D., *Comparing Modifiability of React Native and Two Native Codebases*, Yüksek Lisans Tezi, Linköping University, Department of Computer and Information Science, Software and Systems, Linköping, 2017.

Alpert, S. (2018). *State of React Native 2018.* https://reactnative.dev/blog/2018/06/14/state-of-react-native-2018 (Erişim tarihi: 24 Kasım 2024).

Android Sürümleri Hakkında. (2024). https://developer.android.com/about/versions?hl=tr (Erişim tarihi: 19 Ekim 2024).

Ardito, L., Coppola, R., Malnati, G. ve Torchiano, M., *Effectiveness of Kotlin vs. Java in Android App Development Tasks*, *Information and Software Technology*, 127, 106374, 2020.

Beshir, A., *Cross-Platform Development with React Native*, Lisans Tezi, Uppsala University, Department of Information Technology, Uppsala, 2016.

Dean, B. (2024). *Smartphone Usage Statistics 2024.* https://backlinko.com/smartphone-usage-statistics (Erişim tarihi: 17 Ekim 2024).

Flutter Architectural Overview. (2024). https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview (Erişim tarihi: 14 Aralık 2024).

Google/Institution. (n.d.). *React Native, Flutter, NativeScript, Xamarin Trends Comparison,* https://trends.google.com/trends/explore?cat=31&date=today%205-y&q=React%20Native,Flutter,NativeScript,Xamarin (Erişim tarihi: 19 Ekim 2024).

Gülcüoğlu, E., Ustun, A. B. ve Seyhan, N., *Comparison of Flutter and React Native Platforms*, *İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi*, 12(2), 129-143, 2021.

Gut, K., Skublewska-Paszkowska, M., Łukasik, E. ve Smołka, J., *Comparison of Programming Languages on the iOS Platform in Terms of Performance*, *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, 7(3), 33-36, 2017.

Hansson, N. ve Vidhall, T., *Effects on Performance and Usability for Cross-Platform Application Development Using React Native*, Yüksek Lisans Tezi, Linköping University, Department of Computer and Information Science, Human-Centered Systems, Linköping, 2016.

Hu, X., *Comparing Android Platform Application Rendering Performance: Native Development vs React Native*, Lisans Tezi, University of Skövde, School of Informatics, Skövde, 2023.

Kumcağız, H., Terzi, Ö., Koç, B. ve Terzi, M., *Üniversite Öğrencilerinde Akıllı Telefon Bağımlılığı*, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 13-39, 2020.

Leandersson, C., *Evaluating Two Cross-Platform Frameworks Using Cognitive Dimensions*, Yüksek Lisans Tezi, KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS), Stockholm, 2022.

Nehha. (2024). *React Native New Architecture*. https://dev.to/hellonehha/react-native-new-architecture-1hao (Erişim tarihi: 29 Aralık 2024).

Okediran, O. O., Arulogun, O. T., Ganiyu, R. A. ve Oyeleye, C. A., *Mobile Operating Systems and Application Development Platforms: A Survey*, *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 6(1), 2195, 2014.

Overflow, S./Institution. (n.d.). *Stack Overflow Trends for Popular Mobile Frameworks*, https://trends.stackoverflow.co/?tags=react-native,flutter,xamarin,nativescript,ionic-framework,cocos2d-x,titanium,phonegap-build,sencha-touch,appcelerator,cordova,coronasdk,qt-creator (Erişim tarihi: 14 Kasım 2024).

Palumbo, D., *The Flutter Framework: Analysis in a Mobile Enterprise Environment*, Doktora Tezi, Politecnico di Torino, Torino, 2021.

React Native Architecture. (2024). https://reactnative.dev/architecture/landing-page (Erişim tarihi: 29 Aralık 2024).

Schwermer, P., *Performance Evaluation of Kotlin and Java on Android Runtime*, Yüksek Lisans Tezi, KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS), Stockholm, 2018.

Shah, K., Sinha, H. ve Mishra, P., *Analysis of Cross-Platform Mobile App Development Tools*, 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 1-7, IEEE, Mart 2019.

Slepnev, D., *State Management Approaches in Flutter*, Lisans Tezi, South-Eastern Finland University of Applied Sciences (XAMK), Mikkeli, 2020.

Tashildar, A., Shah, N., Gala, R., Giri, T. ve Chavhan, P., *Application Development Using Flutter, International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 2(8), 1262-1266, 2020.

Tajik, F. ve Lindström, J., *Swift vs React Native: A Performance Comparison for Automatization of Gamification Using QR-Codes*, Lisans Tezi, KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS), Stockholm, 2023.

Verma, N. ve Sambhav, S., *Development of iOS: A Revolutionary Transformation and the Future, International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(6), 2020.

Widgets. (2024). https://docs.flutter.dev/get-started/fundamentals/widgets (Erişim tarihi: 27 Kasım 2024).

You, D. ve Hu, M., *A Comparative Study of Cross-Platform Mobile Application Development, 12th Annual CITRENZ Conference*, 66, Wellington, New Zealand, 2021.

Zhou, C., *Challenges and Solutions in Cross-Platform Mobile Development: A Qualitative Study of Flutter and React Native*, Yüksek Lisans Tezi, Aalto University, School of Science, Helsinki, 2024.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇAPRAZ AKIŞLI NANOFİLTRASYON YÖNTEMİYLE NF90 MEMBRAN KULLANILARAK SERAMİK ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDAN BULANIKLIK GİDERİMİ*10

Kimya Mühendisi, Hatice Özbek[1],

[1]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,

haticeozbek532@gmail.com

ORCID ID:0009-0008-0648-8314

Prof. Dr., Duygu Kavak[2],

[2]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,

dbayar@ogu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-1189-3110

ÖZET

Türkiyede seramik üretimi, işlenmesi ve ihracatı açısından önemli bir konuma sahiptir. Seramik endüstrisi, üretim süreçlerinde büyük miktarda su kullanır ve bu suyun çoğu kirli atık şeklinde çevreye bırakılır. Bu atıkların içerdiği ağır metaller, kullanılan asidik bazik çözeltiler, organik kirleticiler sucul ekosistemlere zarar verebileceği bilinmektedir. Seramik atık sularının insanlar için içme suyu kaynaklarını ve tarım arazilerini kirletebileceğine dair endişeler de bulunmaktadır. Seramik atık suları yüksek bulanıklık içerir. Bu bulanıklık kil, toprak, mineral parçacıkları, kimyasal maddeler ve organik bileşiklerin suyun ışığını geçirmesini engellemesiyle oluşur. Bu nedenle bulanıklık suyun estetik değerini düşürür ve doğal güzelliklerini bozar. Seramik atık sulardan bulanıklık giderimi, suyun kalitesini artırmak, mikroorganizmaları azaltmak ve dezenfeksiyonun etkinliğini sağlamak için yapılır. Bu işlem, halk sağlığını korur ve çevreye zarar vermesini engeller. Nanofiltrasyon (NF) membranları atık su arıtımında önemli bir rol oynamaktadır. Bu membranlar yüksek ayırma hassasiyeti, faz değişimi olmaması, nano gözenek boyutu ve enerji verimliliği ile karakterize edilir. Bu çalışmada, NF90 membran kullanılarak seramik atık sularından bulanıklık giderimi incelenmiştir. Membran deneyleri çapraz akışlı nanofiltrasyon düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Bulanıklık giderim verimi üzerine membran basıncı (4, 6, 8 bar) ve sıcaklık (25^0C, 30^0C, 35^0C) parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmada numunelerin bulanıklık değerleri spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar sonucunda en yüksek bulanıklık giderimi 25^oC ve 8 bar'da %80 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik endüstrisi, atık su, nanofiltrasyon, NF90 membran, bulanıklılık.

*Bu çalışma Hatice Özbek'in "NF90 Membranı ile Seramik Endüstrisi Atık Suyunun Çapraz Akışlı Nanofiltrasyon Yöntemiyle arıtımı" adlı Yüksek Lisans Tez Çalışması kapsamında hazırlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

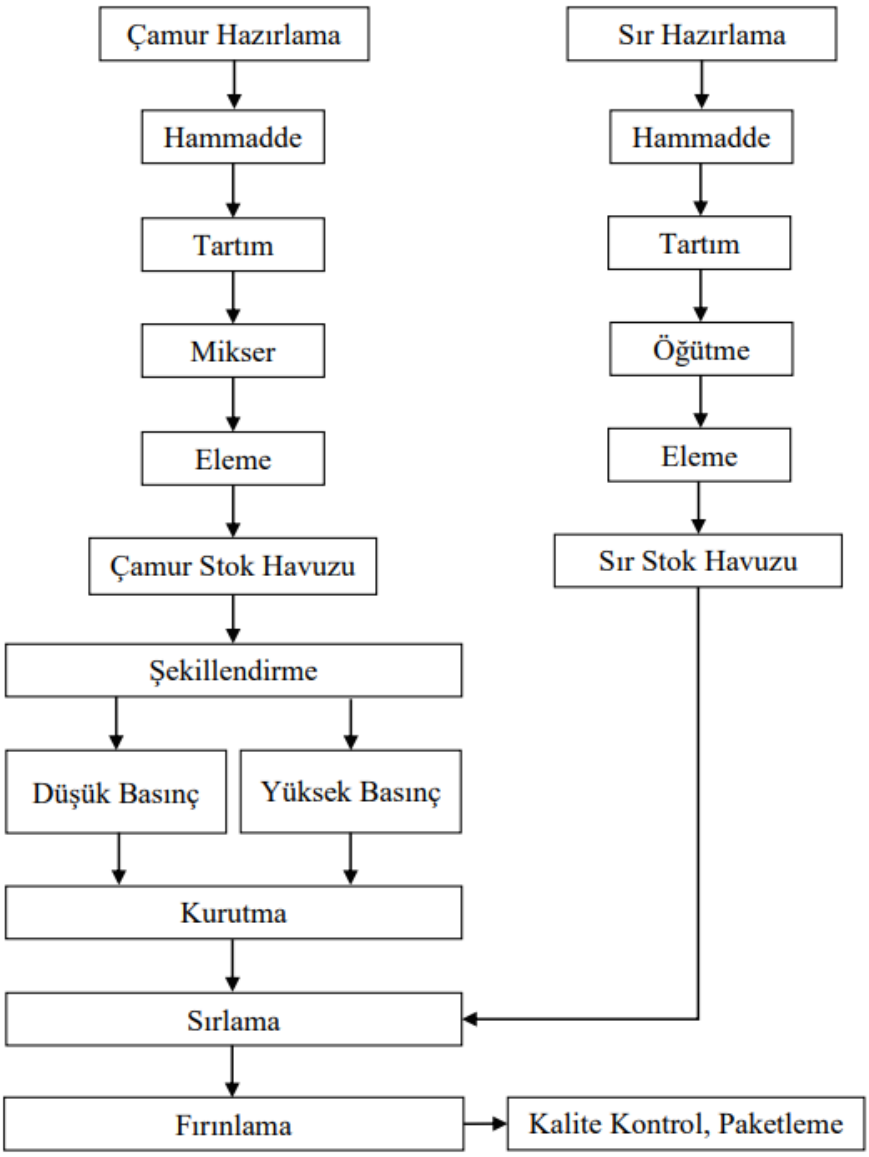
1. GİRİŞ

Doğal çevre üzerine etki eden olumsuz gelişmeler yaşanabilir bir çevre oluşturulması için önlemler alınması gerekliliğini ortaya koymuştur. Çevreye karşı oluşan farkındalık ve çevrenin korunması, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de temel politika öncelikleri arasına girmiştir. Kalkınma politikalarının belirlenmesinde, sürdürülebilir bir kalkınma ve yaşanabilir bir çevre oluşturmak amacıyla ekolojik dengenin korunması, doğal kaynakların hızla tüketilmesinin önüne geçilmesi, üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak bir girdiye dönüştürülmesi için atık yönetim stratejileri hayata geçirilmiştir (Ersoy ve Özbay, 2023). Sürekli artan insan nüfusunun büyümesi, temiz su talebinin hızla artmasına neden olmuş ve su talebi ile arzı arasındaki fark giderek büyümektedir (Hakami vd., 2020).

Ülkemizde yaygın bir endüstri olan seramik endüstrisi, üretimi sırasında ağır metal içeren yüksek miktarda atık su oluşturmaktadır (Korkmaz vd, 2024). Atıksular arıtılmadan alıcı ortama verildiğinde çevresel problemlere neden olabilmektedir. Üretim sonucunda, oluşan atıksuların doğru yöntemle arıtımı ekonomik ve çevresel açıdan son derece önemlidir (Göksel, 2019). Seramik endüstrisi, atık suyun çoğu sırların ve diğer kaplamaların hazırlanması ve uygulanması için kullanılan tesislerin yıkama işlemlerinden kaynaklanmaktadır (Moliner Salvador vd., 2012).

Organik ve metal olmayan maddelerin birleştirilerek hazırlanması sonrasında, şekillendirilip pişirilerek mukavemet kazandırılan bilimde, teknolojide ve sanatta kullanılan malzemeye seramik denmektedir (Cineviz, 2024). Seramik üretim prosesi Görsel 1'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



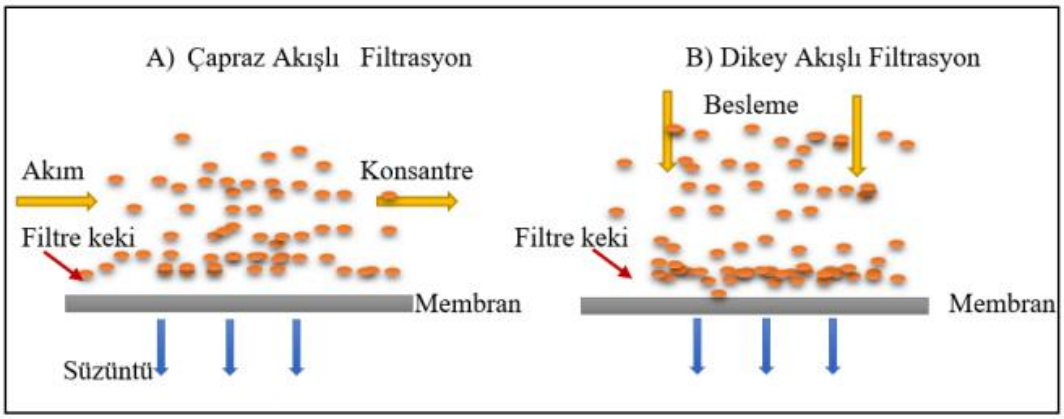
Görsel 1. Seramik üretim prosesi akış şeması (Kızıler, 2017; Gönüllü, 2004)

Bulanıklık, su ve atıksu içerisinde ışığın saçılma ve absorbe olmasına neden olan önemli bir parametredir. Bulanıklığı yüksek olan atıksuların alıcı ortamlara deşarj edilmesi, bu ortamlarda suyun ışığı geçirme kapasitesini düşürerek suyun alt tabakalarında yaşayan canlıları olumsuz yönde etkilemesine sebep olmaktadır. Ülkemizde, bulanıklık atıksular açısından limitleyici bir deşarj parametresi olarak görülmezken, içme suyu açısından değerlendirildiğinde Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğine ve TS 266 içme suyu standardına göre içilebilir bir suyun bulanıklığı 5 NTU'yu (FTU) geçmemesi gerekmektedir (Özyonar ve Karagözoğlu, 2012). Atıksuyun bulanıklılığı gidermek için koagülasyon, flokülasyon, filtrasyon, ozonlama, UV ışını, aktif karbon filtrasyonu, kum filtrasyonu, çökeltme, membran filtrasyonu, kimyasal arıtma ve elektrokoagülasyon gibi yöntemler kullanılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Membran teknolojisi, ileri bir su arıtma yöntemidir. Membran süreçleri kullanılarak kirli sulardan iyonların ve moleküllerin seçici olarak uzaklaştırılabileceği gösterilmiştir. İstenilen ayrışmayı sağlamak için uygun membranın seçimi, arıtılacak suyun besleme bileşimi ve ulaşılacak arıtma hedefi tarafından belirlenir. Son zamanlarda geliştirilmiş olan nanofiltrasyon (NF), diğer membran süreçleri ile karşılaştırıldığında önemli avantajlar sunmaktadır (Moliner Salvador vd., 2012). Nanofiltrasyon prosesi, kalsiyum ve magnezyum gibi sertlik yapan iyonları giderebilmektedir ve kireç ile yumuşatma veya sodyum klorür zeolit teknolojilerine cazip bir alternatiftir. Nanofiltrasyon prosesi, tekstil sanayi, kağıt sanayi, elektro kaplama endüstrisi, boya endüstrisi ve gıda endüstrisi atıksularının arıtımında da kullanılmaktadır (Özel, 2006).

Membran proseslerde iki farklı filtrasyon modu bulunmaktadır. Bu modler, besleme sıvısı özelliklerine ve membran prosesine bağlı olarak, farklı filtrasyon tiplerinde kullanılabilirler. Çapraz ve dikey akışlı olmak üzere adlandırılan bu akış tipleri Görsel 2'de şematik olarak verilmiştir (Ormancı Acar, 2017).



Görsel 2. Çapraz (A) ve dikey (B) akışlı filtrasyon (Ormancı Acar, 2017; Munir, 2006)

Çapraz akışlı filtrasyon kullanıldığında, membranın çabuk tıkanması engellenir ve daha uzun ömürlü olması sağlanır.Çapraz akış filtrasyon modunda çalışmak, membran üzerinde daha az kek tabakası oluşumuna neden olarak membranın tıkanma olasılığını azaltır. Yüksek havalandırma oranları, membran tıkanma oranlarını düşürür. Düşük sıcaklıklar, membran tıkanmasını artırma potansiyelini artırır, ancak daha iyi membran verimliliği ve daha uzun çalışma süresi sağlar (Bera vd., 2022).

Bu çalışmada, laboratuvar ölçekli çapraz akış membran ünitesinde gerçekleştirilen NF90 membran ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Basınç ve sıcaklık değişkenleri esas alınarak optimum işletme şartları giderim verimi incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada seramik atık suyundan nanofiltrasyon yöntemiyle bulanıklık giderim verimine basınç (4, 6 ve 8 bar) ve sıcaklık (25, 30 ve 35^{o}C) parametrelerin etkisi incelenmiştir. Belirlenen bir çalışma koşulunda 5, 15, 30 ve 45. dakikalarda alınan numunelerin bulanıklılık verimleri hesaplanmıştır. Giderim verimlerinin incelenmesi için yapılan bulanıklılık analizi yapılmıştır. Böylelikle sıcaklık ve basıncın süzüntü suyunun kalitesine etkisi gözlemlenerek ideal çalışma şartları öngörülmüştür. Çizelge 1.1'de deney parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Deney Parametreleri

ANALİZ	DEĞİŞKENLER	DEĞERLER	BİRİM
Bulanıklık Giderim Verimi	Basınç	4-6-8	Bar
	Sıcaklık	25-30-35	^{O}C

Deneyler Görsel 3'de verilen Sterlich marka çapraz akışlı paslanmaz çelikten yapılmış membran filtrasyon düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Düzenek zararlı kimyasallara dayanıklı malzemeden üretilmiştir. Düzenek içerisinde; süzüntü toplama bölümü, hassas terazi, membran modülü, ısıtıcı, bilgisayar, hidrolik el pompası ve santrifüj pompa yer almaktadır. Membran büyüklüğü 150 cm^{2}'dir. Aşağıda sistem görülmektedir.

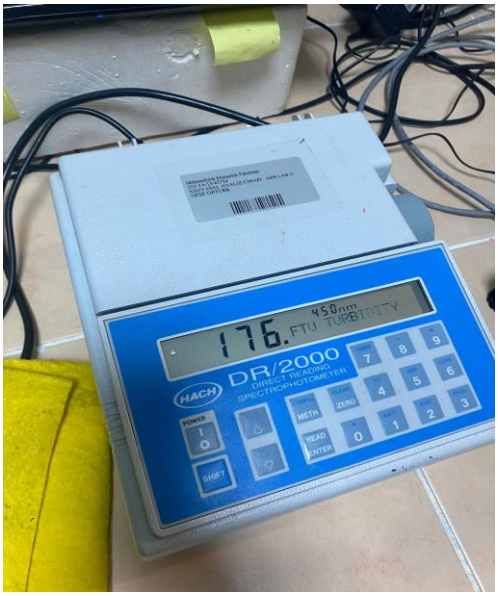


Görsel 3. Sistem Görümü

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.1. Membran Sisteminin Çalıştırılması

Çalışmaya başlamadan önce; membran düzeneğindeki safsızlıkların arındırılması için %2 lik zayıf asit içeren yıkama solüsyonu sistemden geçirilir. Yıkama solüsyonunun sistemden arındırılması amacı ile sistemden saf su geçirilir. Membran modüle yerleştirilir. Deneye başlarken bilgisayar açılır, hassas terazi vasıtası ile süzüntü miktarını kaydedecek program çalıştırılır. Kullanılacak atık su içinde membran düzeneğini tıkayacak partiküllerden filtreleme yöntemi ile arındırılır. Atık su besleme tankına beslenir. Deneye başlarken, sisteme elektirik verilmeden önce; hidrolik el pompası 900 Psi'a ayarlanır, membran modülü sıkıştırılır. Gösterge yardım hidrolik el pompasının 900 Psi'a sabitlendiği kontrol edilir. Elektirik mandalı vasıtası ile sisteme elektirik verilir. Isıtıcı çalıştırılır ve belirlenen sıcaklık parametresine ayarlanır. Besleme tankının sıcaklığı ayarlanan sıcaklığa geldiğinde devir ayarı yapılır, vana yardımıyla belirlenen basınç değerine ayarlanılır. Düzenekten gelen ilk süzüntü damlası ile süzüntü miktarını kaydeden program çalıştırılır. Bu program sayesinde süzüntünün tartımı dakika başı bilgisayara kaydedilir. Deneyin başlatılmasından itibaren 5,15,30 ve 45. dakikalarda süzüntüden numune alınır. Ham atık suyun FTU değeri ölçülür ve kaydedilir. Ardından sırası ile alınan numunelerin FTU değerleri taratılır. Cihazdan okunan değerler kaydedilir. Spektrofotometrik cihaz Görsel 4'te gösterilmiştir.



Görsel 4. Spektrofotometrik Cihaz

Deney sırasında kullanılan cihazlar ve kullanım amaçları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kullanılan Cihazlar

ÇALIŞMADA KULLANILAN EKİPMANLAR	İŞLEVİ
Bilgisayar, Exper	Süzüntü tartım verilerinin kaydedilmesi

Çapraz Akışlı Membran Sistemi, Sterlitech	İçerisine yerleştirilen membran ile atıksu arıtılması
Hidrolik El Pompası, Enerpac	Membran sisteminin sıkıştırılması
Isıtıcı, WiseCircu	Deney sıcaklığının ayarlanması
Saf Su Cihazı	Sistemin yıkanması ve referans değerlerin belirlenmesi
Spektrofotometre, Hach DR 2000	Bulanıklılık giderim veriminin ölçülmesi
UV Spektrofotometre, Hach DR 3900	Renk Giderim veriminin ölçülmesi
Hassas Terazi, A&J EJ6100	Birim zamanda süzüntü akısının tartılması
İletkenlik ölçer, Janvey 4310	İletkenlik ölçülmesi
pH Metre, Thermo Scientific	pH ölçülmesi

2.2. Deneyde Kullanılan Atık Su Özellikleri

Bu çalışmada temin edilen atık su Eskişehir'de bir seramik endüstrisi fabrikasından hatların yıkama suyundan alınmıştır. Çizelge 2.2'de seramik atık suyunun ölçülen parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Seramik Atık Suyunun Ölçülen Parametreleri

PARAMETRE	BİRİM	SERAMİK ATIKSU
Askıda Katı Madde (mg/L)	mg/L	596
Maksimum Absorbans A_0 (abs)	abs	2,984
İletkenlik (µs/cm)	µs/cm	0,947
Bulanıklık (ftu)	ftu	210
pH	pH	7,48

3. SONUÇLAR

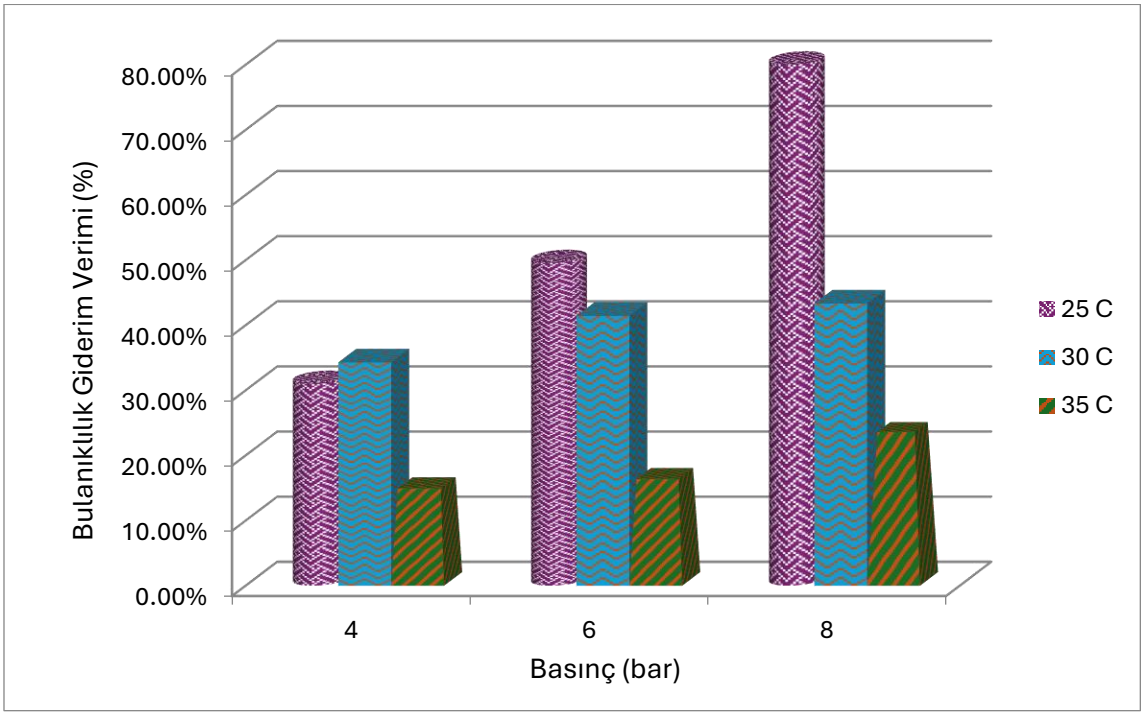
Bulanıklılık giderim veriminin sıcaklık arttıkça azaldığı, basınç arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek bulanıklılık giderim veriminin elde edildiği en uygun koşullar, 25°C sıcaklık ve 8 bar basınç olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda, maksimum bulanıklık giderim verimine ulaşılmıştır. Çizelge 3.1'de bulanıklık giderim verimleri listelenmiş, Grafik 3.1'de bu değerler grafik halinde verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 3.1. Bulanık giderim verimleri (%)

	BULANIKLIK GİDERİM VERİMİ (%)		
BASINÇ\SICAKLIK	**25 ºC**	**30 ºC**	**35 ºC**
4 Bar	30,95	34,29	14,76
6 Bar	49,52	41,43	16,19
8 Bar	80,00	43,33	23,33

Grafik 3.1. Basınç ve sıcaklık değişimiyle bulanık giderim verimleri (%)



Bulanıklık giderim miktarı karşılaştırıldığında, uygun değer 25ºC ve 8 bar parametrelerinde 42 FTU olarak ölçülmüştür. Seramik Atık suyun en yüksek bulanıklık giderim verimi %80 sonucuna ulaşılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Seramik atık sularının bulanıklığının giderilmesi, çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir adımdır. Doğru arıtma yönteminin seçimi, fiziksel ve kimyasal parametrelerin dikkate alınarak optimize edilmesi, arıtma sürecinin etkinliğini doğrudan etkiler.

Aynı zamanda arıtma sonrasında elde edilen suyun yeniden kullanımı veya uygun bir şekilde bertaraf edilmesi, doğal kaynakların korunması açısından büyük önem arz eder. Bu bağlamda arıtılan suyun endüstriyel süreçlerde, sulama alanlarında veya yeniden seramik üretiminde geri dönüşüm amaçlı kullanımı sürdürülebilir bir çözüm oluşturur. Bu sayede su kaynaklarının korunması sağlanırken, atık suyun doğrudan doğaya salınımından doğabilecek kirlilik etkileri de en aza indirilmiş olur.

Sonuç olarak, seramik atık sularının bulanıklığının giderilmesi atık su yönetimi, geri dönüşüm, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir yaklaşım çerçevesinde bakılmalıdır. Doğru yöntemlerin seçilmesi, arıtma süreçlerinin etkin bir şekilde uygulanması ve su yönetiminin planlı bir şekilde yürütülmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve doğal su kaynaklarının korunması açısından büyük bir fırsat sunar. Bu bağlamda sanayi, kamu sektörü ve çevresel sürdürülebilirlik odaklı projelerin iş birliği içerisinde hareket etmesi, çözümün daha sürdürülebilir ve etkili bir şekilde hayata geçirilmesini sağlayabilir.

Yapılan deneyler sonucunda seramik endüstrisinden alınan atık suyun arıtımı NF90 membranı bu analiz için uygun bir membrandır sonucuna ulaşılabilir. Çapraz akışlı membran sistemleri, yüksek verimlilik, düşük tıkanma riski ve uzun ömürlü performans sunarak çeşitli endüstriyel uygulamalarda önemli bir rol oynar ve sürdürülebilir çözümler sunar.

KAYNAKÇA

Bera, S. P., Godhaniya, M., & Kothari, C. (2022). [Atık su arıtımı için yeni ve gelişmiş membran teknolojisi: Bir gözden geçirme. Temel Mikrobiyoloji Dergisi], *62*(3-4), 245-259.

Cineviz, M. (2024). Seramik Üretim Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Kapsamında İncelenmesi ve Dönüşümünün İmkanları, (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).

Ersoy, Ö., & Özbay, M. (2023). Marmara Bölgesinde Bulunan Organize Sanayi Bölgelerinin Atık Su Arıtma Tesislerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Enerji Kaynağı Olarak Kullanımının Değerlendirilmesi. Bilim Armonisi, 6(1), 64-81.

Göksel, Z. (2019). Çapraz akışlı seramik membran sistemi ile ağaç endüstrisi atıksularının geri kazanımı (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Hakami, M. W., Alkhudhiri, A., Al-Batty, S., Zacharof, M. P., Maddy, J., & Hilal, N. (2020). [Atıksu arıtımında seramik mikrofiltrasyon membranları: filtrasyon davranışı, kirlenme ve önleme. Membranlar], *10*(9), 248.

Kızıler, B. (2017). Seramik tübüler MF-UF-NF membran modüllerinin mikro/nanotasarımı ve seramik endüstrileri atıksu yönetiminde kullanımlarının araştırılması (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Korkmaz, F., & Çatak, E. Seramik Atık Suyunun Bazı Solanaceae Familyası Üyelerinde Çimlenme ve Bitki Gelişimine Etkileri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(06), 1260-1266.

Moliner Salvador, R., Deratani, A., Palmeri, J., & Sánchez-Vilches, E. (2012). [Seramik endüstrisi atıksu arıtımı için nanofiltrasyon membran teknolojisinin kullanımı].

Munir, A., 2006, [Dead end membran filtrasyonu, Çevre Mühendisliğinde Laboratuvar Fizibilite Çalışmaları], 1-33.

Ormancı Acar, T. (2017). T. Nanofiltrasyon membranlarının üretimi ve tekstil endüstrisinde uygulanması.

Özel, D. A. (2006). Türkiye'de ters osmoz ve nanofiltrasyon sistemleri ile içme ve kullanma suyu üretiminin maliyet analizi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

NANOFİLTRASYON YÖNTEMİYLE SIVI ORGANİK YARASA GÜBRESİ ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNDANASKIDA KATI MADDE GİDERİMİ[§§§]

Kimya Mühendisi, Aligismat Ibrahimzade[1]

[1]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

aliqismat.ibrahimzada@gmail.com

ORCID ID:0009-0004-1406-1493

Prof. Dr., Duygu Kavak[2]

[2]EskişehirOsmangaziÜniversitesi

dbayar@ogu.edu.tr

ORCID ID:0000-0002-1189-3110

ÖZET

Sıvı organik gübreler her türlü tarla ve bahçe bitkilerinde, sera, çiçek ve meyve ağaçlarında; kök, yaprak ve ürün gelişiminde kullanılmaktadır. Sıvı organik gübreler konsantre şekilde su, inorganik maddeler, hümik ve fülvik asitleri içerecek şekilde üretilerek piyasaya sunulmaktadır. Sıvı organik gübreler genellikle sanayi bölgelerinde yukarıda ifade edilen maddeler kullanılarak üretilmekte olup, bu gübrelerin üretim işlemleri sonucunda atıksular oluşmaktadır.Askıda katı maddeler (AKM), özellikle gübre endüstrisinde atıksu arıtımında önemli bir endişe kaynağıdır. Bunlar, atıksularda bulunabilen küçük parçacık kirleticilerdir ve arıtma prosesinde verimliliğin azalması, su berraklığının azalması, oksijenin tükenmesi, zararlı bakterilerin barındırılması, boru ve filtrelerin tıkanması gibi birçok soruna neden olabilir. Atıksuyu belediye kanalizasyonlarına veya su yollarına boşaltan endüstriler, atıksudaki AKM seviyelerine ilişkin katı düzenlemelerle karşı karşıyadır. Bu düzenlemelere uymak için endüstrilerin bir atıksu ön arıtma veya bertaraf programı uygulaması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı AKM içeren sıvı organik yarasa gübre üretim atık suyunun çapraz akışlı nanofiltrasyon yöntemiyle AKM giderim veriminin incelenmesidir. Deneylerde NF270 ticari isimli nanofiltrasyon polimerik membranı kullanılmıştır. Çeşitli sıcaklıklarda (25°C, 30°C) ve basınçlarda (4 bar, 6 bar ve 8 bar) gerçekleştirilen deneylerde, bu parametrelerin AKM giderim verimine olan etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda en yüksek AKM giderim verimi 30°C ve 8 bar'da %99.97 olarak bulunmuştur. Yüksek AKM giderim verimine ve kullanıma uygunluğuna bakıldığında sıvı organik yarasa gübre üretim atıksuyu için AKM gideriminde NF270 membran ile çapraz akışlı nanofiltrasyon yöntemi amaca uygundur.

Anahtar Kelimeler: Sıvı organik yarasa gübresi endüstrisi, Nanofiltrasyon, NF270 membran, Askıda katı madde

[*]Bu çalışma Aligismat Ibrahimzade'nin "NF270 Membranı ile Sıvı Organik Yarasa Gübresi Endüstrisi Atık Suyunun Çapraz Akışlı Nanofiltrasyon Yöntemiyle arıtımı" adlı Yüksek Lisans Tez Çalışması kapsamında hazırlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Kaynakların, suyun ve arıtmanın eşitsiz dağılımı nedeniyle su kıtlığı, 21.yüzyılın en önemli çevresel zorluklarından biridir ve önümüzdeki on yıllarda muhtemelen en hassas olanlardan biri haline gelecektir. Tüm canlılar, değerli bir kaynak olan suya ihtiyaç duyar. Ancak, su kaynaklarımız, tehlikeli derecede yüksek su kirliliği seviyelerine neden olan hızlı kentleşme, endüstrileşme ve nüfus artışı nedeniyle büyük bir baskı altındadır [1].

Endüstriyel atık su, çeşitli endüstriyel işlemlerden salınan, askıda ve çözünmüş maddeler içeren sudur. Kullanılan endüstri türü ve fabrika türü, endüstriyel atık suda bulunan kirleticilerin türünü belirler [2].

Gübre kullanımı, çiftçilerin artan bitki verimi elde etmesinde önemli bir rol oynar. Ülkemiz, geleneksel tarımda her yıl ortalama 6 milyon ton kimyasal gübre kullanmaktadır [3]. Yıllar itibariyle üreticilerimizin bilinçsiz kimyasal gübre kullanımı, topraktaki organik madde içeriğinin zamanla azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için, organik gübreler önemli bir role sahiptir. Topraklarımızdaki organik madde ve besin elementleri eksikliğini gidermek için, daha az masraflı olduğundan dolayı çiftlik gübresi yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat çiftlik gübresinin uygulamasında yaşanan sorunlar diğer organik gübrelerin kullanımını arttırmaktadır. Son yıllarda sağlıklı besin üretiminin önem kazanmasıyla organik üretim artmış, bu da organik gübre ihtiyacını doğurmuştur. Organik gübreler içinde yer alan yarasa gübresi (bat guano), tamamen doğal ve özgür ortamlarda yaşayan ve kendi seçtikleri doğal yiyeceklerle beslenen yarasaların bulundukları mağaralardan elde edilen çok zengin bir bitki besinidir. Yarasa gübresinin bileşiminde; organik madde yanında N, P, K, Ca, Mg, Al, Fe ve S gibi bitki besin elementleri bulunmaktadır. Yarasa gübresinin yetiştiricilikte kullanılması bitki büyümesine olumlu etki yapmaktadır [4-7].

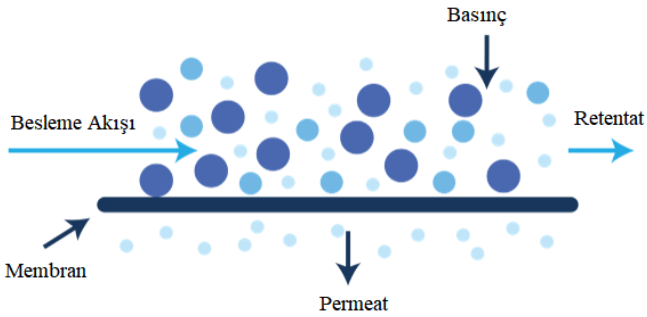
Piyasaya, su, inorganik maddeler, humik ve fulvik asitler kullanılarak yapılan konsantre sıvı organik yarasa gübreleri tedarik edilmektedir. Amaçlanan kullanımlarına göre seyreltilir ve bitkilere doğru zamanda ve doğru şekilde uygulanırlar. Atık su, genellikle yukarıda listelenen malzemeleri kullanarak endüstriyel bölgelerde yapılan sıvı organik yarasa gübrelerinin üretim prosedürlerinin bir sonucu olarak oluşur [8]. Bu atık sular, sıvı gübre dolum tesislerinde kullanılan prosedürlerin yanı sıra sıvı gübre oluşturmak için kullanılan reaktörlerin temizlenmesinden kaynaklanmaktadır.Sıvı organik yarasa gübresi üretiminden kaynaklanan atık su koyu kahverengi bir renge sahiptir ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOK), toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) gibi kirleticiler açısından zengindir [9]. Bu kirleticilerin arıtılmadan çevreye salınması imkansızdır çünkü bunlar sıvı organik gübrelerden kaynaklanan atık sularda mevcuttur. Yüzey suyu kaynakları KOİ, TOK, TP ve TN nedeniyle ötrofik hale gelir. Yüksek organik içerikleri ve koyu kahverengi renkleri nedeniyle bu atık sulardaki humik ve fulvik asitler, su kaynaklarında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalması, fotosentetik aktivitenin engellenmesi ve anaerobik koşullar gibi olumsuz sorunlara yol açar.Bu olumsuz etkilerden dolayı sıvı gübre üretim atıksuları çevresel yasal sınırlamalar ve doğal hayatın korunması için deşarj edilmeden önce arıtılması gerekmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

TSS, toplam askıda katı madde anlamına gelir ve 2 mikronu aşan su kaynaklı parçacıkları ifade eder. Öte yandan, 2 mikrondan küçük herhangi bir parçacık, toplam çözünmüş katı madde (TDS) olarak kabul edilir. Toplam askıda katı maddelerin çoğunluğu inorganik maddelerden oluşur; ancak algler ve bakteriler de TSS olarak kabul edilebilir.TSS, kum, tortu ve plankton dahil olmak üzere suda yüzen veya "askıda kalan" her şey olabilir. Bazı su kaynakları çürüyen bitkiler veya hayvanlarla kirlendiğinde, suya salınan organik parçacıklar genellikle askıda katı maddelerdir. Bazı tortular su kaynağının dibine çökerken, diğer TSS'ler suyun yüzeyinde yüzer veya ikisinin arasında bir yerde asılı kalır. TSS suyun berraklığını etkiler, bu nedenle bir su kaynağının TSS içeriği ne kadar yüksekse, o kadar az berrak olur [10].

Membran prosesler, çeşitli monovalent ve iki değerli iyonları çözeltiden uzaklaştıran ve sudaki tuzluluğu azaltan [11], özellikle inorganik ve organik mikrokirleticilerin giderimi için iyi performans gösteren teknolojilerdir.

Çapraz akışlı filtrasyon (CFF), teğetsel akışlı filtrasyon (TFF) olarak da bilinir, besleme solüsyonunun filtrenin yüzeyi boyunca teğetsel olarak geçtiği bir filtrasyon tekniğidir. Besleme akışının bir kısmı membrandan geçerken geri kalanı konsantre olarak sistemden akmaya devam eder (bkz. Görsel 1.).



Görsel 1. Çapraz akış prensipli membran sistemi [12].

Membran yüzeyine yönlendirilen solüsyona besleme denir. Membrandan geçen solüsyona permeat denir. Membran yüzeyi boyunca geçip besleme rezervuarına geri dönen solüsyona konsantre veya retentat denir. Bu solüsyon genellikle besleme rezervuarına geri pompalanır ve tekrar dolaştırılır [12].

Bu çalışmanın amacı AKM içeren sıvı organik yarasa gübresi üretim atık suyunun çapraz akışlı nanofiltrasyon yöntemiyle AKM giderim veriminin incelenmesidir. Sıvı organik yarasa gübresi atıksuyu yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, atık suyun arıtımı için nanofiltrasyon yöntemi, membran prosesi ile çalışmaya uygun olduğu gözlenmiştir. Arıtım işleminde ise laboratuvar ölçekli membran filtrasyon modülleri ve endüstriyel atık sulara uygun ticari nanofiltrasyon membranı NF270 tercih edilmiştir. Çeşitli sıcaklıklarda (25°C, 30°C) ve basınçlarda (4 bar, 6 bar ve 8 bar) gerçekleştirilen deneylerde, bu parametrelerin AKM giderim verimine olan etkileri incelenmiştir. Deneylerdeki sıcaklık ve basıncın askıda katı madde giderimindeki verimi üzerine etkisi araştırılmış, sıvı organik yarasa gübresi endüstrisi için optimum çalışma koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

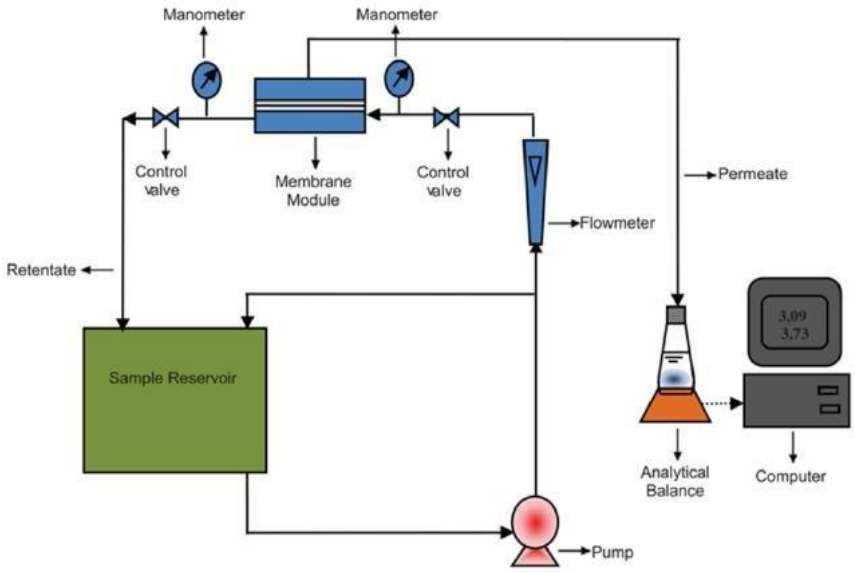
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada sıvı organik yarasa gübresiendüstrisi atık suyunun nanofiltrasyonyöntemiyleile sıcaklık (25 ^{o}C ve 30 ^{o}C) ve basınç (4 bar, 6 bar ve 8 bar) parametrelerinde, askıda katı madde giderim verimi incelenmiştir. 2 farklı sıcaklık ve 3 farklı basınç için dakikada bir, 45 dakikaya kadar ölçümleri kaydedilmiştir. 5,15,30 ve 45. dakikalarda alınan örneklerin (numune) ölçümleri yapılarak askıda katı madde giderimi verimleri hesaplanmıştır. Çizelge 1'de deney parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge1.NanofiltrasyonDeneyParametreleri

ANALİZ	DEĞİŞKENLER	DEĞERLER	BİRİM
Askıda Katı MaddeGiderimVerimi(%)	BASINÇ	4, 6 ve 8	Bar
	SICAKLIK	25 ve 30	^{O}C

Çalışmalar sırasında Görsel 2'de verilen Sterlich marka çapraz akışlı membran filtrasyon düzeneği kullanılmıştır. Membran filtrasyon düzeneği paslanmaz çelik malzemesi ile üretilmiş olup agresif/korozif kimyasallara dayanıklı malzemeden üretilmiştir.Düzenek membran modülü,süzüntü toplama bölümü,santrifüj pompa, hassas terazi, bilgisayar, ısıtıcı ve hidrolik el pompasından oluşmaktadır. Düzenekte yer alan membran modülüne takılabilecek membranın etkin yüzey alanı 150 cm² 'dir.



Görsel 2. Çapraz akış prensipli membran sistemi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.1. Düzeneğin Çalıştırılması

Deneyin ilk aşaması olarak membran düzeneği içerisindeki safsızlıkları arındırmak amacı ile %2'lik HCl asit içeren yıkama solüsyonu sistemden geçirilir. Sonrasında ise asit içeren yıkama solüsyonunun sistemden arındırılması amacı ile sistemden safsu geçirilir. Membran, düzeneğe uygun ölçülerde modüle yerleştirilir.

Deneye başlarken bilgisayar ve çapraz akışlı filtrasyon sisteminin ilgili programı çalıştırılır. Membran mekanizmasını tıkayabilecek kirletici maddelerin atık sudan uzaklaştırılması için filtrleme yöntemi ile arındırılır. Kullanılacak atıksu besleme tankına beslenir.

Deneye başlarken, sisteme elektrik vermeden önce; Hidrolik el pompası 900 Psi'ye ayarlanmıştır, membran modülü sıkıştırılmıştır. Gösterge destekli hidrolik el pompasının 900 Psi'ye sabitlendiği kontrol edilir. Sisteme elektrik mandalı aracılığıyla elektrik sağlanır. Isıtıcı çalıştırılır ve belirlenen sıcaklık parametresine ayarlanır. Besleme tankının sıcaklığı ayarlanan sıcaklığa ulaştığında devir ayarı yapılır ve vana yardımıyla basınç belirlenen basınç değerine ayarlanır. Düzenekten hassas terazi üzerindeki behere düşen ilk su damlası ile bilgisayar üzerinden program çalıştırılmıştır. Bilgisayar program ile her bir dakikada süzüntü miktarı kaydedilmiştir. Numuneler 5,15,30 ve 45. dakikalarda alınmıştır. Uygulanan bu işlem deney parametreleri olan her sıcaklık ve basınçta tekrar edilmiştir.

Askıda katı madde giderim veriminin hesaplanması için ham atıksu UV Spektrofotometrik cihaza yerleştirilir ve değer kaydedilir, daha sonra tüm numunelerde de ölçüm yapılır ve sonuçlar kaydedilir. Spektrofotometrik cihaz Görsel 3'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



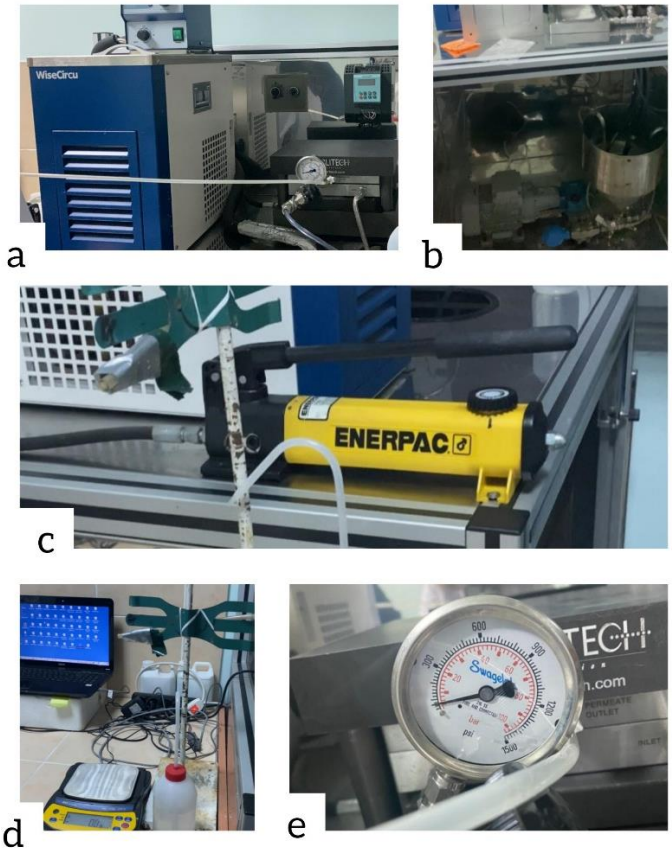
Görsel 3. UVSpektrofotometresi,HachLangeDR3900

Deneyde kullanılan ekipmanlar ve işlevi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneyde kullanılan ekipmanlar ve işlevi

Deneyde Kullanılan Ekipmanlar	İşlevi
Bilgisayar, Exper	Süzüntü tartım verilerinin kaydedilmesi
Çapraz Akışlı Membran Sistemi, Sterlitech	Nanofiltrasyon deneyleri
Hassas Terazi, A&J EJ6100	Süzüntü akısının miktarı
Hidrolik El Pompası, Enerpac	Membran sisteminin sıkıştırılması
Isıtıcı, WiseCircu	Deney sıcaklığının ayarlanması
İletkenlik Ölçer, Janvey 4310	İletkenlik ölçümü
UV Spektrofotometresi,HachLangeDR3900	Askıda katı madde giderim veriminin ölçülmesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 4. Sıcaklık göstergesi ve membran kısmı (a), besleme tankı ve pompa (b), hidrolik el pompası (c), hassas terazi ve bilgisayar (d), basınç göstergesi (e)

2.2 Deneyde Kullanılan Membranın Özellikleri

Bu deneysel çalışmada kullanılan membran ince film kompozit (TFC) flat sheet (plaka tipi) nanofiltrasyon membranıdır. Ticari NF270 nanofiltrasyon membran, GE Osmonics ABDfirması aracılığıyla tedarik edilmiştir. Hem endüstriyel atık suların arıtımında hem de gıdaendüstrisinde kullanılabilen membranın özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir. Sıvı organik yarasa gübresi endüstrisiatıksuyunun arıtımı için birer NF270 membranları kullanılmıştır. Her bir atık su için çalışmaesnasında, önceden belirlenmiş çalışma koşullarında yeni membran kullanılmamış, kullanılan membranlar saf su ile temizlenerek, tekrar kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge4.NF270membranınözellikleri (*MWCO:Moleküle rayırmasınırı,birimiDalton)

MembranınAdı	NF270
Besleme	Gıda/EndüstriyelAtıkSuyu
Tip	OrganikGidermeYumuşatma
pHAralığı	2-11
$MgSO_4$Reddetme	%99
GözenekBoyutu/MWCO*	~150Da
Akı(GFD)/PSİ	20/110
Polimer	Poliamid-TFC

2.3 Deneydeki Atık Suyun Özellikleri

Bu çalışmada analiz edilmiş olan atık su Eskişehir'de bulunan sıvı organik yarasa gübresi üreticisi bir firmadan temin edilmiştir. Sıvı organik yarasa gübresiatıksuyunun özellikleri ve ölçülen parametreleri çizelgede verilmiştir. Askıda katı madde giderimi analizi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5'de sıvı organik yarasa gübresi fabrikası atık suyunun ölçülen parametreleri gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 5. Ham Sıvı Organik Yarasa GübresiAtık Suyunun ölçülen parametre değerleri

PARAMETRE	BİRİM	SIVI ORGANİK YARASA GÜBRESİ
Askıda Katı Madde	mg/L	4090
Maksimum Absorbans A_0	abs	5405
İletkenlik	µs/cm	18.81
Bulanıklık	ftu	9700

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Deney Sonuçları

Çalışmada, NF270 membranın, bir Eskişehir sıvı organik yarasa gübresi fabrikasından toplanan sıvı organik yarasa gübresi atıksularının arıtımı için çapraz akış mekanizmalı membran sisteminde kullanımı incelenmiştir. Sıcaklığın deneysel değişkenler üzerindeki etkilerine bakmak için 25°C ve 30°C sıcaklıklarda araştırıldı. Ayrıca basıncın etkilerine bakmak için 4, 6 ve 8 bar basınçlarda da incelenmiştir. Bir UV spektrofotometresi kullanılarak numunelerin ve ham atık suyun dalga boyları, askıda katı maddegiderim verimi için etkinliğini belirlemek için analiz edildi.

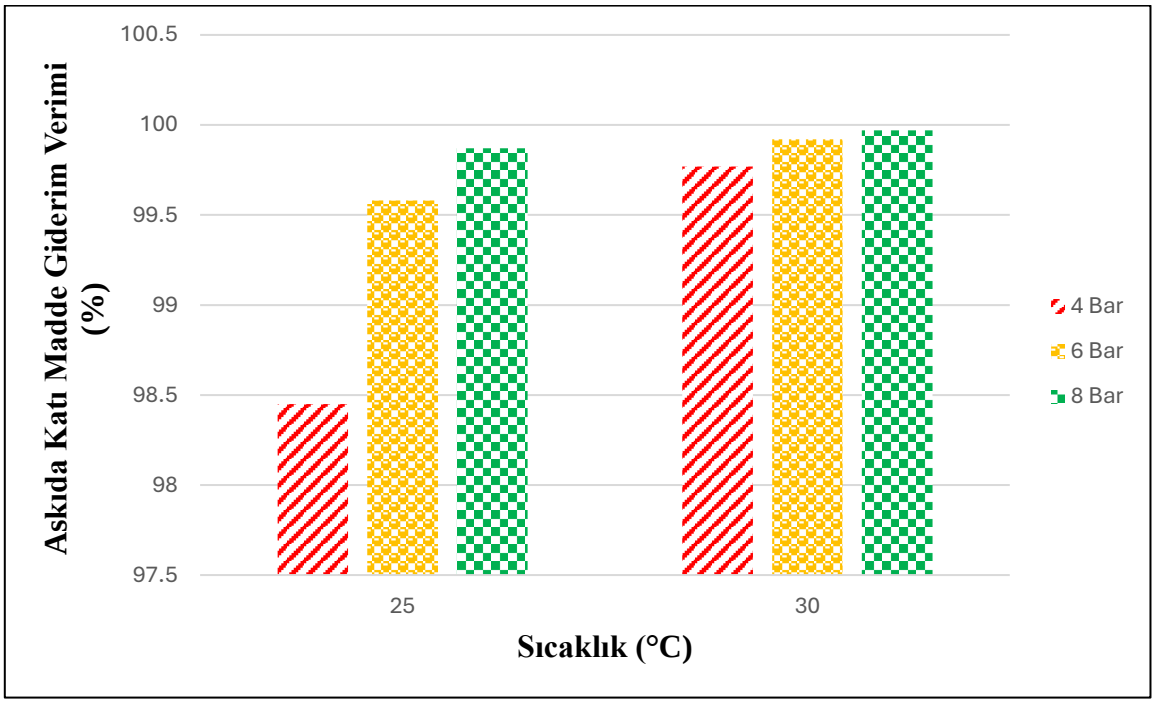
3.2. Askıda Katı Madde Giderim Verimi Değerleri

Toplanan verilerin analizi üzerine, askıda katı madde giderim veriminin sıcaklık ve basınç artışıyla arttığı tespit edildi. Askıda katı maddelerinuzaklaştırılmasında en iyi etkinliği elde etmek için en uygun parametrelerin 30°C ve 8 bar basınç olduğu bulunmuştur. Bu koşullar altında askıda katı maddelerinuzaklaştırılmasında maksimum verim elde edildi. Çizelge 6'da askıda katı madde giderim verimleri listelenmiş, Grafik1'de bu değerler grafik halinde verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 6. Askıda katı madde giderim verimleri (%)

	Askıda katı madde giderim verimi (%)	
	25°C	30°C
4 bar	98.45	99.77
6 bar	99.58	99.92
8 bar	99.87	99.97



Grafik 1.Askıda katı madde giderim verimleri (%) (25ºC ve 30ºC)

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu deneysel çalışma, sıvı organik yarasa gübresi üretim tesisinden elde edilen askıda katı madde içeren atıksuyun, çevreye en az zararla bertaraf edilmesi ya da yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması için atık olarak ayrıldığı noktadan alınarak çapraz akışlı membran filtrasyon sisteminde nanofiltrasyon yöntemiyle arıtımını incelemiştir. Çok yüksek AKM giderimi elde edildiğinden sıvı organik yarasa gübresiendüstrisi atıksuyu için NF270 kullanımı uygundur.

KAYNAKÇA

[1] Pintilie, L., Torres, C.M., Teodosiu, C., Castells, F., "Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study", Journal of Cleaner Production, 2016, 139:1–14.

[2] Waste Water from the Iron and Steel Industry and Mining. (1979). Studies in Environmental Science, 217–227.

[3] http://www.gubretas.com.tr/Files/UserFiles/7/5._GUBRF_Yatrmc_Sunumu_Haziran17-Guncel.pdf.Erişim Tarihi: 26 Aralık.2018.

[4] Gross, R. S., Berna, F., Karkanas, P., & Weiner, S. (2004). Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. Journal of Archaeological Science, 31, 1259-1272.

[5] Demirtaş, I., Arı, N., Arpacıoğlu, A., Kaya, H., & Özkan, C. (2007). Different organic fertilizer chemical properties the effect of spent mushroom compost use on some soil properties and yield in greenhouse tomato cultivation. V. National Horticulture Congress, Erzurum.

[6] Mlay, P. S., & Sagamiko, F. (2008). The use of bat guano in the improvement of the nutritive value of poor quality roughage fed to ruminants in Tanzania. Veterinarski Arhiv, 78(5), 417-427.

[7] Sothearen, T., Furey, M. N., & Jurgens, J. A. (2014). Effect of bat guano on the growth of five economically important plant species. Journal of Tropical Agriculture, 52(2),169-173.

[8] Borowiec, M., Huculak, M., Hoffmann, K., & Hoffmann, J. (2009). Biodegradation of selected substances used in liquid fertilizers as an element of Life Cycle Assessment. Polish Journal of Chemical Technology, 11(1), 1–3.

[9] Ivan PLASCAK, Vladimir PUVACA, Mladen JURISIC, Irena RAPCAN, Vinko DUVNJAK(2008).INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZER ON PRIMARY CONTAMINATION OF THE GROUND WATERS IN EASTERN CROATIA, 151-154

[10]https://www.wwdmag.com/utility-management/article/10939708/what-is-total-suspended-solids-tssErişim Tarihi: 9 Eylül.2021.

[11]Mert Can HACIFAZLIOĞLU, MBR Yöntemi ile Arıtılmış Yüksek Tuzlulukta Atık Suların Tarımsal Sulamada Geri Kullanımı için NF/RO Prosesi ile Son Aşama Arıtımı-ITOB-OSB Atık Su Arıtma Tesisi'nde Pilot Ölçek Testler, Ege Üniversitesi, Uygulamalı Ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2018.

[12]https://www.sterlitech.com/media/wysiwyg/CF_Handbook_2022.pdf?srsltid=AfmBOopRnEyd8OCCxW6AX0yvUWhvk5eKJXE_MuFH-IjmcsDmjlRJiHN1Erişim Tarihi: 14 Haziran.2022.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

AMPİSİLİN, AZLOSİLİN VE PENİSİLİN MOLEKÜLLERİNİN YAPISAL OPTİMİZASYONU VE POLAR HACİM HESAPLAMALARI

AMPİSİLİN, AZLOSİLİN VE PENİSİLİN MOLEKÜLLERİNİN YAPISAL OPTİMİZASYONU VE POLAR HACİM HESAPLAMALARI

Dr. Öğretim Üyesi NECDET KARAKOYUN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,

Muradiye Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü,

necdetkarakoyun@yyu.edu.tr - 0000-0002-6083-6921

ÖZET

Bu araştırma, Ampisilin, Azlosilin ve Penisilin antibiyotik moleküllerinin yapısal optimizasyonları ve polar hacim hesaplamalarına yönelik teorik bir analiz sunmaktadır. Moleküllerin elektronik ve geometrik özellikleri Gaussian 16 yazılımı kullanılarak yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) yöntemleriyle incelenmiştir. Gerçekleştirilen hesaplamalar, B3LYP/6-311G(d,p) düzeyinde yapılmış olup, moleküllerin kararlı geometrilerinin belirlenmesi ve ilgili bağ uzunlukları ile bağ açıları gibi yapısal parametrelerin analizi üzerine odaklanmıştır. Ayrıca, polar hacim hesaplamaları, moleküllerin elektrostatik potansiyel haritalarının çıkarılmasında ve biyolojik aktivitelerinin anlaşılmasında önemli bir araç olarak kullanılmıştır.

Analizler, Ampisilin molekülünün kararlı geometrik yapısının yanı sıra yük dağılımının homojenliğini göstermiştir. Azlosilin molekülü, geniş spektrumlu antibiyotik sınıfında yer alması sebebiyle, biyolojik ortam koşullarında yüksek stabilite sergileyen optimize edilmiş bir yapı sunmuştur. Penisilin molekülüne ilişkin polar hacim hesaplamaları ise molekülün çözünürlüğünü ve protein bağlanma afinitesini etkileyen temel faktörleri gözler önüne sermiştir.

Bu veriler, antibiyotik moleküllerinin farmakolojik etkinliklerini anlamaya ve geliştirmeye yönelik teorik bir çerçeve sağlamaktadır. Araştırmanın sonuçları, antibiyotik geliştirme süreçlerinde moleküler düzeyde daha iyi tasarım stratejilerine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Oksadiazol, DFT, Antimikrobiyal aktivite, Yapısal Optimizasyon, Polar Hacim, Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Antibiyotikler, tıbbi tarihte insan sağlığına büyük etkileri olan ve nadir "mucize ilaçlar" olarak kabul edilen ilaçlardan biridir. Bu bileşikler, bakteri veya mantarların ürettiği ve mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek veya öldürerek etki gösteren önemli ilaçlardır. Günümüzde yüzlerce çeşit antibiyotik tanımlanmış olup, çoğu enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır.[1-4]

Beta-laktam antibiyotikler, hem hastanelerde hem de toplumda en sık kullanılan ilaçlardır. Penisilinler, bu kategoriye dahil olup bakteri ve mantar enfeksiyonlarının tedavisinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır.[2,5-7] Ampisilin, *Penicillium notatum* ve *Penicillium chrysogenum* suşlarından türetilen yarı sentetik bir penisilin türüdür ve bakteriyel hücre duvarı protein sentezini engelleyerek etki gösterir[8]. Penisilin V ise dar spektrumlu bir β-laktam antibiyotiktir ve bakteriyel büyümeyi durdurarak hücre duvarı biyosentezini inhibe eder[9-11]. Azlosilin, yarı sentetik bir penisilin türü olup 6beta-{(2R)-2-[(2-oksoimidazolidin-1-karbonil)amino]-2-fenilasetil}amino yan grubuna sahiptir[7,12,13]. Özellikle *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli* ve *Haemophilus influenzae* kaynaklı enfeksiyonlarda etkili olduğu bilinmektedir[14]. Bu antibakteriyel ilaç, penisilin türevleri arasında yer alır ve aynı zamanda yarı sentetik bir antibiyotik ile bir penisilin alerjeni olarak da nitelendirilir[4,14,15]. Ayrıca Azlosilin(1-), konjuge asidi olarak da bilinir. Bu antibiyotikler, geniş ve dar spektrumlu özellikleriyle enfeksiyon tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır.

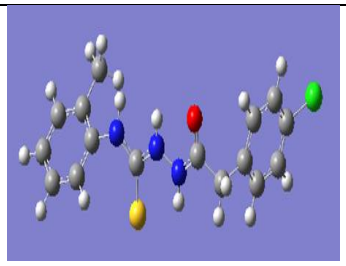
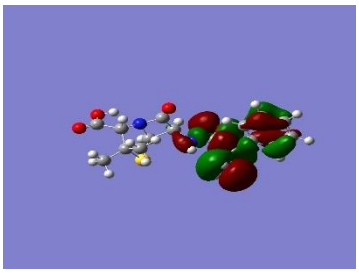
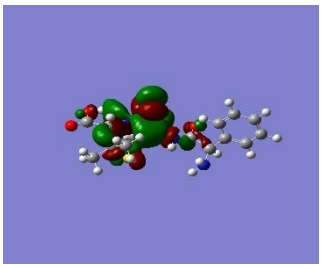
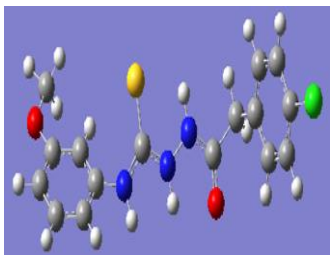
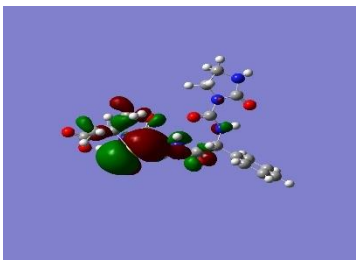
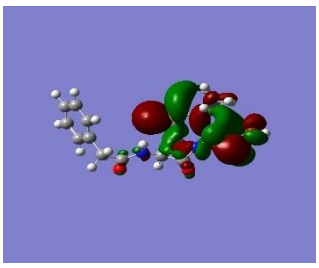
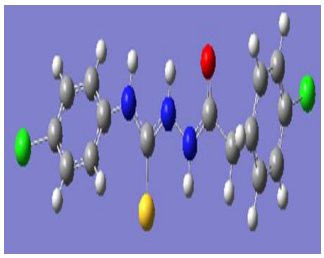
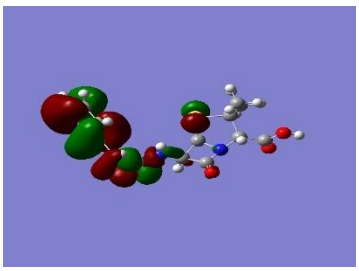
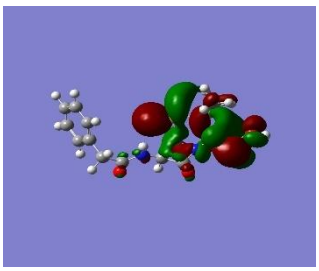
Bu çalışma, Ampisilin, Azlosilin ve Penisilin gibi antibiyotik moleküllerinin farmakolojik etkinliklerini daha iyi anlamak ve optimize etmek için teorik bir temel sunmaktadır. Moleküllerin yapısal ve elektronik özellikleri üzerine yapılan analizler, bu bileşiklerin biyolojik aktiviteleriyle doğrudan ilişkili olan önemli parametreleri ortaya koymaktadır. Araştırmadan elde edilen bulgular, antibiyotik tasarımı ve geliştirme süreçlerinde moleküler düzeyde daha etkili stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu çalışma, antibiyotiklerin klinik etkinliğini artırma ve yeni türevler oluşturma yönündeki çabalara ışık tutmaktadır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışma, Ampisilin, Azlosilin ve Penisilin moleküllerinin yapısal ve kuantum kimyasal özelliklerini incelemektedir. Moleküllerin teorik analizleri ve görselleştirmeleri Gaussian ve GaussView yazılım paketleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir(Çizelge 1).
Sınır moleküler orbitalleri (HOMO-LUMO), hacim (volume) ve yoğunluk değerleri, 6-311+G(d,p) baz setine sahip DFT/B3LYP (Lee-Yang-Parr korelasyon fonksiyonelini kullanan Becke'nin üç parametreli hibrit modeli) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, moleküllerin kararlı geometrik yapılarının belirlenmesi, sınır moleküler orbitalleri enerji seviyelerinin tespit edilmesi ve antibakteriyel aktiviteleri ile arasındaki ilişki deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak yorumlandı[16].

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 1. Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları

Molekül	GSG	HOMO	LUMO
Ampisilin			
Azlosilin			
Penisilin			

Antibakteriyel aktivitesi, tanımlayıcı LUMO (En Düşük Enerjili Boş Moleküler Orbital) ve yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır.

LUMO, bir molekülün elektronegatifliğini ve reaktivitesini tanımlayan bir parametredir. Düşük kapasiteli LUMO'lu moleküller, yüksek kapasiteli LUMO'lu moleküllere göre daha fazla elektron kabul edebilir ve sonuç olarak daha yüksek aktivite gösterir.

YOĞUNLUK ise, atomların bir moleküle ne kadar sıkı bir şekilde paketlendiğini gösterir; moleküler ağırlık ve moleküler hacmin oranı olarak hesaplanır. Böylece, daha düşük yoğunluğa sahip bir molekül daha yüksek aktiviteye sahip olacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 2. Molekül, LUMO, Polar Hacim, m, V ve d sonuçları

TD-DFT 6-311G(d,p)					
Molekül	**Bohr³/mol**	**LUMO (au)**	**m (g/mol)**	**V (cm³/mol)**	**d (g/cm³)**
Ampisilin	2928.519	-0.0443	349.4	261.338	1.36
Azlosilin	3874.894	-0.0572	461.5	345.791	1.34
Penisilin	2680.700	-0.0627	334.4	239.223	1.39

- **Penisilin**:
  - En düşük **ELUMO** değeriyle en reaktif moleküldür.
  - Ancak, yoğunluğu yüksek (1.39 g/cm³) ve Bohr³/mol değeri diğerlerine göre daha düşüktür(Çizelge 2).
- **Azlosilin**:
  - İkinci en düşük ELUMO değerine sahiptir (-0.0572).
  - En düşük yoğunluğa (1.34 g/cm³) ve en büyük Bohr³/mol değerine (3874.894) sahiptir. Bu, onun çözünürlük ve biyolojik aktivite açısından avantajlı olduğunu gösterir(Çizelge 2)..
- **Ampisilin**:
  - Orta seviyede ELUMO (-0.04431) ve yoğunluğa (1.36 g/cm³) sahiptir. Bohr³/mol değeri ise orta düzeydedir(Çizelge 2)..

4. SONUÇ

Tüm parametreler değerlendirildiğinde, Azlosilin'in en iyi dengeyi sağladığı görülmüştür. Düşük ELUMO değeri ile iyi bir reaktivite sunarken, aynı zamanda en düşük yoğunluğa ve en yüksek Bohr³/mol değerine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde Azlosilin, çözünürlük ve biyolojik etkileşim açısından diğer bileşiklere kıyasla daha avantajlı bir profil sergilemektedir. Bu nedenle, Azlosilin, hem kimyasal hem de biyolojik uyumluluk açısından en uygun bileşik olarak öne çıkmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1 Dudoignon, E. *et al.* Evolution, control and success of combination therapy with Ampicilin-sulbactam/Ceftazidime-Avibactam during a Carbapenem-Resistant Acinetobacter baumannii outbreak in burn Intensive Care Unit. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* **43**, 1453-1459 (2024). https://doi.org/10.1007/s10096-024-04840-9

2 Tunevall, G. & Frisk, A. R. Microbiological studies of some new penicillins in vitro and in vivo. *Chemotherapia (Basel)* **3**, 449-461 (1961). https://doi.org/10.1159/000219559

3 Akter, S., Chowdhury, A. & Mina, S. A. Antibiotic Resistance and Plasmid Profiling of Escherichia coli Isolated from Human Sewage Samples. *Microbiol Insights* **14**, 11786361211016808 (2021). https://doi.org/10.1177/11786361211016808

4 Barza, M. Antimicrobial spectrum, pharmacology and therapeutic use of antibiotics. Part 2: penicillins. *Am J Hosp Pharm* **34**, 57-67 (1977).

5 Chen, B., Ma, M. & Su, X. An amperometric penicillin biosensor with enhanced sensitivity based on co-immobilization of carbon nanotubes, hematein, and β-lactamase on glassy carbon electrode. *Analytica Chimica Acta* **674**, 89-95 (2010). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.06.014

6 Kirby, W. M. & Bulger, R. J. THE NEW PENICILLINS AND CEPHALOSPORINS. *Annu Rev Med* **15**, 393-412 (1964). https://doi.org/10.1146/annurev.me.15.020164.002141

7 Peng, X. *et al.* Proteomic analysis of the sarcosine-insoluble outer membrane fraction of Pseudomonas aeruginosa responding to ampicilin, kanamycin, and tetracycline resistance. *J Proteome Res* **4**, 2257-2265 (2005). https://doi.org/10.1021/pr050159g

8 Khan, A. A., Mohd, D. A., Bano, D. S., Siddiqi, K. & Asiri, A. M. Spectrophotometric methods for the determination of Ampicillin by potassium permanganate and 1-chloro-2,4-dinitrobenzene in Pharmaceutical Preparations. *Arabian Journal of Chemistry* **53** (2012). https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.033

9 Medvedovici, A., Ionescu, M., Mircioiu, C. & David, V. Optimization of a liquid–liquid extraction method for HPLC–DAD determination of penicillin-V in human plasma. *Microchemical Journal* **72**, 85-92 (2002). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0026-265X(01)00160-6

10 Dayan, A. D. Allergy to antimicrobial residues in food: assessment of the risk to man. *Vet Microbiol* **35**, 213-226 (1993). https://doi.org/10.1016/0378-1135(93)90146-x

11 Flurer, C. L. Analysis of antibiotics by capillary electrophoresis. *Electrophoresis* **18**, 2427-2437 (1997). https://doi.org/10.1002/elps.1150181233

12 Hsieh, S.-H., Huang, H.-Y. & Lee, S. Determination of eight penicillin antibiotics in pharmaceuticals, milk and porcine tissues by nano-liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* **1216**, 7186-7194 (2009). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.05.080

13 Granelli, K., Elgerud, C., Lundström, Å., Ohlsson, A. & Sjöberg, P. Rapid multi-residue analysis of antibiotics in muscle by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* **637**, 87-91 (2009). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.08.025

14 Perçin Özkorucuklu, S., Sarı, M. & Yıldırım Baştemur, G. Bazı Penisilinlerin Farmasötik Dozaj Formlarından Voltametrik Tayinleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 989-994 (2019). https://doi.org/10.31590/ejosat.649740

15 Riediker, S., Rytz, A. & Stadler, R. H. Cold-temperature stability of five β-lactam antibiotics in bovine milk and milk extracts prepared for liquid chromatography–electrospray ionization tandem mass spectrometry analysis. *Journal of Chromatography A* **1054**, 359-363 (2004). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.085

16 Bozhalil, S., Sungur, F., Koşan, C. & Energin, M. Antibakteriyel İlaçlar. *Atatürk Üniversitesi Tıp Bülteni* **23**, 405-415 (1991).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

CEFOTAKSİM, SEFAZOLİN VE SEFUROKSİM MOLEKÜLLERİNİN YAPISAL OPTİMİZASYONU VE POLAR HACİM HESAPLAMALARI

Dr. Öğretim Üyesi NECDET KARAKOYUN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
Muradiye Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü,
necdetkarakoyun@yyu.edu.tr - 0000-0002-6083-6921

ÖZET

Bu çalışma, cefotaksim, sefazolin ve sefuroksim moleküllerinin yapısal özelliklerini detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Moleküllerin bağ uzunlukları ve polar hacimleri, yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) yöntemi kullanılarak B3LYP/6-311G(d,p) düzeyinde hesaplanmıştır. Gaussian 16 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen bu hesaplamalar, moleküllerin kararlı geometrilerinin ve polarizabilite ile ilişkili hacimsel özelliklerinin anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Optimizasyon sonuçları, cefotaksim molekülünün 1.78 Å bağ uzunluğuna ve 310.5 cm^3/mol polar hacime sahip olduğunu göstermiştir. Sefazolin, daha kısa bağ uzunluğu (1.75 Å) ve 295.2 cm^3/mol polar hacim ile dikkat çekmektedir. Sefuroksim ise 1.80 Å bağ uzunluğu ve 305.7 cm^3/mol polar hacim ile yapısal özellikler açısından dengeli bir yapı sunmaktadır.

Bu çalışma, beta-laktam antibiyotiklerin fizikokimyasal özelliklerini anlamaya yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, moleküllerin biyolojik aktivitelerinin optimize edilmesi ve ilaç geliştirme süreçlerinde kullanılabilecek moleküler tasarım stratejilerine katkı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Cefotaksim, Sefazolin, Sefuroksim, Yapısal Optimizasyon, Polar Hacim, Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Antibiyotikler, tıbbi tarihte insan sağlığına büyük etkileri olan ve nadir "mucize ilaçlar" olarak kabul edilen ilaçlardan biridir. Bu bileşikler, bakteri veya mantarların ürettiği ve mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek veya öldürerek etki gösteren önemli ilaçlardır. Günümüzde yüzlerce çeşit antibiyotik tanımlanmış olup, çoğu enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır.[1-4]

Sefalosporinler, geniş bir β-laktam antimikrobiyal ajanlar grubunu temsil eder. Bu ilaçlar, kimyasal olarak penisilinlerden ayrılan altı üyeli bir dihidrotiazin (sefem) halkasının β-laktam halkasına eklenmesiyle oluşturulmuştur[5]. Sefalosporinler, doğru şekilde kullanıldığında birçok enfeksiyon hastalığının güvenli, etkili ve verimli bir şekilde tedavi edilmesine olanak tanırken enfeksiyon tedavisinde birinci tercih olmasalar da önemli bir rol oynarlar[6]. Bu ilaç grubunun geniş spektrumlu antimikrobiyal etki ve düşük toksisite oranları gibi avantajları bulunmaktadır[7]. Ancak çoğu sefalosporin enjeksiyon yoluyla uygulanmak zorundadır; oral formdaki sefalosporinlerin sayısı ise sınırlıdır çünkü etkili bir emilim seviyesine ulaşmaları zor olabilir. Genel olarak, sefalosporinler üst ve alt solunum yolu enfeksiyonları, basit cilt ve yumuşak doku enfeksiyonları ile komplike olmayan idrar yolu enfeksiyonlarının tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır[7-10].

Bu çalışma, antibiyotiklerin klinik etkinliğini artırma ve yeni türevler oluşturma yönündeki çabalara ışık tutmaktadır. Bu çalışma, cefotaksim, sefazolin ve sefuroksim gibi beta-laktam antibiyotiklerin yapısal ve fizikokimyasal özelliklerini detaylı bir şekilde analiz ederek, bu moleküllerin farmakolojik etkinliklerini ve biyolojik aktivitelerini anlamaya yönelik önemli bir katkı sunmaktadır. Yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar, moleküllerin bağ uzunlukları ve polar hacimlerinin yapısal kararlılıkları ve polarizabilite özellikleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Özellikle cefotaksim, 314.5 cm^3/mol ile en yüksek polar hacme sahip molekül olarak dikkat çekerken, sefazolin daha kısa bağ uzunluğu ve daha düşük polar hacmiyle farklı bir profil sergilemiştir. Sefuroksim ise dengeli yapısı ile öne çıkmıştır. Bu sonuçlar, antibiyotiklerin biyolojik aktivitelerinin optimize edilmesi ve yeni nesil ilaç tasarım süreçlerinde uygulanabilir stratejilerin geliştirilmesi açısından değerli bilgiler sağlamaktadır

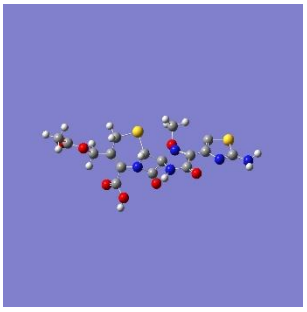
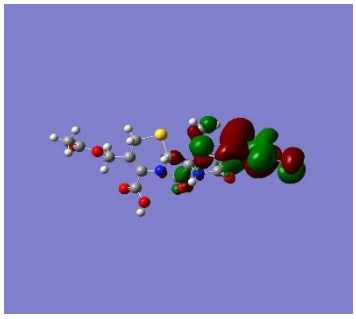
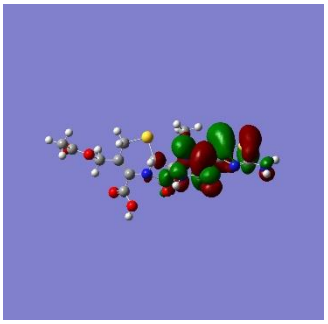
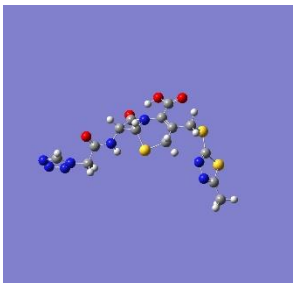
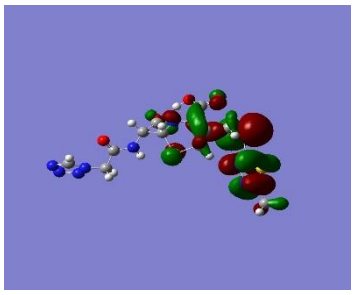
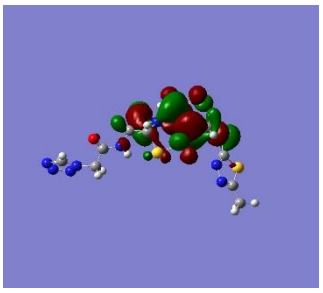
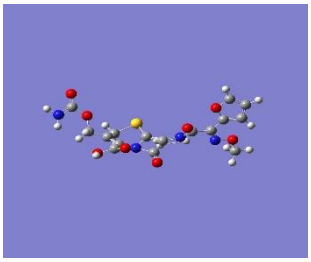
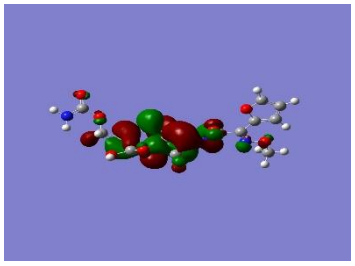
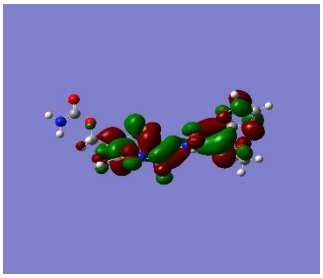
2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışma, cefotaksim, sefazolin ve sefuroksim moleküllerinin yapısal ve kuantum kimyasal özelliklerini incelemektedir. Moleküllerin teorik analizleri ve görselleştirmeleri Gaussian ve GaussView yazılım paketleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir(Çizelge 1).
Sınır moleküler orbitalleri (HOMO-LUMO), hacim (volume) ve yoğunluk değerleri, 6-311+G(d,p) baz setine sahip DFT/B3LYP (Lee-Yang-Parr korelasyon fonksiyonelini kullanan Becke'nin üç parametreli hibrit modeli) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, moleküllerin kararlı geometrik yapılarının belirlenmesi, sınır moleküler orbitalleri enerji

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

seviyelerinin tespit edilmesi ve antibakteriyel aktiviteleri ile arasındaki ilişki deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak yorumlandı[11].

Çizelge 1. Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları

Molekül	GSG	HOMO	LUMO
Cefotaksim			
Sefazolin			
Sefuroksim			

Antibakteriyel aktivitesi, tanımlayıcı LUMO (En Düşük Enerjili Boş Moleküler Orbital) ve yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır.
LUMO, bir molekülün elektronegatifliğini ve reaktivitesini tanımlayan bir parametredir. Düşük kapasiteli LUMO'lu moleküller, yüksek kapasiteli LUMO'lu moleküllere göre daha fazla elektron kabul edebilir ve sonuç olarak daha yüksek aktivite gösterir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YOĞUNLUK ise, atomların bir moleküle ne kadar sıkı bir şekilde paketlendiğini gösterir; moleküler ağırlık ve moleküler hacmin oranı olarak hesaplanır. Böylece, daha düşük yoğunluğa sahip bir molekül daha yüksek aktiviteye sahip olacaktır.

Çizelge 2. Molekül, LUMO, Polar Hacim, m, V ve d sonuçları

TD-DFT 6-311G(d,p)					
Molekül	**Bohr³/mol**	**LUMO (au)**	**m (g/mol)**	**V (cm³/mol)**	**d (g/cm³)**
Cefotaksim	3529.380	-0.1	455.5	314.958	1.44
Sefazolin	3297.280	-0.088	454.5	294.246	1.55
Sefuroksim	3077.933	-0.069	424.4	274.671	1.54

Bu veriler, cefotaksim, sefazolin ve sefuroksim moleküllerinin **TD-DFT 6-311G(d,p)** yöntemine göre hesaplanmış bazı fizikokimyasal özelliklerini özetlemektedir. Verilerden yola çıkarak şu şekilde yorum yapılabilir(Çizelge 2):

1. **Bohr³/mol (Polar Hacim):**
   - Cefotaksim, 3529.380 Bohr³/mol ile en yüksek polar hacme sahiptir, bu da molekülün daha büyük bir elektron dağılımına sahip olduğunu ve polarize olabilme kapasitesinin diğerlerinden daha fazla olduğunu gösterir.
   - Sefazolin ve sefuroksim sırasıyla 3297.280 ve 3077.933 Bohr³/mol değerleriyle daha düşük polar hacimlere sahiptir. Sefuroksim, üç molekül arasında en düşük polar hacme sahip olanıdır.
2. **LUMO Enerjisi (au):**
   - LUMO (En Düşük Enerjili Moleküler Orbital) değerleri, moleküllerin elektron alıcı özelliklerini ifade eder. Daha negatif değerler, daha güçlü bir elektron alıcı özelliği gösterir.
   - Cefotaksim, -0.1 au ile en güçlü elektron alıcı özellik gösterirken, sefuroksim (-0.069 au) en düşük elektron alıcı özelliğe sahiptir. Sefazolin ise orta bir değer (-0.088 au) sergilemektedir.
3. **Moleküler Kütle (m, g/mol):**
   - Cefotaksim (455.5 g/mol) en büyük moleküler kütleye sahipken, sefuroksim (424.4 g/mol) en küçük moleküler kütleye sahiptir. Sefazolin ise bu iki molekül arasında yer alır (454.5 g/mol).
4. **Mol Hacmi (V, cm³/mol):**
   - Cefotaksim (314.958 cm³/mol), en büyük mol hacmine sahip moleküldür. Bu durum, molekülün yapısal olarak daha geniş bir hacim kapladığını ifade eder.
   - Sefazolin (294.246 cm³/mol) ve sefuroksim (274.671 cm³/mol) daha küçük hacimlere sahiptir.
5. **Yoğunluk (d, g/cm³):**
   - Sefazolin (1.55 g/cm³), en yüksek yoğunluğa sahip olup, daha kompakt bir yapıya sahiptir.

- Sefuroksim (1.54 g/cm³) yoğunluk açısından sefazoline yakın değerler gösterirken, cefotaksim (1.44 g/cm³) daha düşük bir yoğunluğa sahiptir.

4. SONUÇ

Cefotaksim, geniş polar hacmi ve güçlü elektron alıcılığı ile öne çıkan bir molekül olup, bu özellikleri biyolojik etkileşimlerde önemli bir rol oynayabilir. Sefazolin ise yüksek yoğunluğu ve daha kompakt polar hacmiyle farklı bir kimyasal profil sunarken, yapısal özellikleri sayesinde belirli farmasötik uygulamalarda avantaj sağlayabilir. Sefuroksim, daha küçük polar hacmi ve moleküler kütlesiyle dikkat çekmekle birlikte, yoğunluk açısından dengeli bir yapıya sahiptir ve bu özellikleri, spesifik biyolojik hedefler için uygunluk sağlayabilir. Her bir molekülün farklı fizikokimyasal özellikleri, onların biyolojik etkinlikleri ve potansiyel farmakolojik kullanım alanları üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olabilir.

KAYNAKÇA

1 Dudoignon, E. *et al.* Evolution, control and success of combination therapy with Ampicilin-sulbactam/Ceftazidime-Avibactam during a Carbapenem-Resistant Acinetobacter baumannii outbreak in burn Intensive Care Unit. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* **43**, 1453-1459 (2024). https://doi.org/10.1007/s10096-024-04840-9

2 Tunevall, G. & Frisk, A. R. Microbiological studies of some new penicillins in vitro and in vivo. *Chemotherapia (Basel)* **3**, 449-461 (1961). https://doi.org/10.1159/000219559

3 Akter, S., Chowdhury, A. & Mina, S. A. Antibiotic Resistance and Plasmid Profiling of Escherichia coli Isolated from Human Sewage Samples. *Microbiol Insights* **14**, 11786361211016808 (2021). https://doi.org/10.1177/11786361211016808

4 Barza, M. Antimicrobial spectrum, pharmacology and therapeutic use of antibiotics. Part 2: penicillins. *Am J Hosp Pharm* **34**, 57-67 (1977).

5 LiPuma, J. J. & Stull, T. L. Antibacterial agents in pediatrics. *Infect Dis Clin North Am* **9**, 561-574 (1995).

6 Gustaferro, C. A. & Steckelberg, J. M. Cephalosporin antimicrobial agents and related compounds. *Mayo Clin Proc* **66**, 1064-1073 (1991). https://doi.org/10.1016/s0025-6196(12)61731-5

7 Zdziarski, P. Electrophoretic properties of beta-lactam and serum protein conjugates. *Acta Pol Pharm* **57**, 411-413 (2000).

8 García-Rodríguez, J. A., Muñoz Bellido, J. L. & García Sánchez, J. E. Oral cephalosporins: current perspectives. *International Journal of Antimicrobial Agents* **5**, 231-243 (1995). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0924-8579(95)00015-Z

9 Kneer, J. Pharmacokinetic properties of new oral cephalosporins. *Médecine et Maladies Infectieuses* **22**, 556-564 (1992). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0399-077X(05)80869-8

10 Bergan, T. Pharmacokinetics of beta-lactam antibiotics. *Scand J Infect Dis Suppl* **42**, 83-98 (1984).

11 Bozhalil, S., Sungur, F., Koşan, C. & Energin, M. Antibakteriyel İlaçlar. *Atatürk Üniversitesi Tıp Bülteni* **23**, 405-415 (1991).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SYNTHESIS, FUNCTIONALITY, AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF CH/GA/SSPW COMPOSITE PARTICLES

Res. Assist. Elif AYKUT
Pamukkale University, Chemical Engineering Department,
elifaykut@pau.edu.tr – 0009-0006-5770-3278

Assoc. Prof. Dr. Deniz AKIN ŞAHBAZ
Pamukkale University, Chemical Engineering Department,
dsahbaz@pau.edu.tr – 0000-0002-8667-2451

ABSTRACT

In the present study, a novel composite powder containing chitosan (Ch), gum Arabic (GA), and sesame seed pulp waste (SSPW) was synthesized. Ch and GA were used together in the synthesis process due to their complementary features enhancing overall capability and functionality. The polymer mixtures were neutralized in NaOH solution to form stable particles. Environmentally friendly and sustainable SSPW was used to enhance the cost-effectiveness and performance of the material. Cross-linking was endeavored to improve the stability of the structure.

This work aims to determine the effects of the mixing amount of Ch as a cationic polyelectrolyte and GA as an anionic polyelectrolyte at different weight ratios of Ch/GA/SSPW of 1:2:1 and 2:1:1 on the structure of fabricate complexes containing biomass. Also, the contribution of cross-linking by glutaraldehyde was investigated. The relationships between the weight ratio of the polymers in the composite matrix, surface functionality, microstructure, pore capacity, and surface area of complexes were explored, aiming to create optimum stable composite particles for various applications. The relationships between the weight ratio of polymers in the composite matrix and the interface, surface functionality, microstructure, pore capacity, and surface area of the composites were explored, aiming to create optimum stable composite particles for various applications.

FTIR was used to observe surface functional groups and changes in chemical properties and confirmed the interaction between CS and GA combination. The surface morphology of composite particles was characterized using SEM. N_2 adsorption-desorption isotherms were used to examine the porosity and the surface area.

Keywords: Chitosan, gum Arabic, sesame seed pulp waste, complex particles.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. INTRODUCTION

Biopolymer–biopolymer interactions are becoming significant in current research across various fields because they affect the micro-scale structural formation of biopolymer-containing systems, which greatly have results related to their consistency, mechanical stability, texture, and porosity (Espinosa-Andrews et al., 2010). Also, researchers have been searching for various ways to improve the sustainability and functioning of micro and nano components in recent years (Rajabi et al., 2019). The application of green and sustainable micromaterials is becoming of increased interest for various applications such as adsorption, catalysis, anti-corrosive coatings, and microencapsulation (Şahbaz, 2023; TaheriAshtiani and Ayati, 2022; Kiey et al., 2022; Butstraen and Salaün, 2014).

Chitosan (Ch), obtained by alkaline N-deacetylation of chitin, is the second most prevalent polysaccharide in the world. Because chitosan is safe, biodegradable, and biocompatible, its application in the industry is becoming attractive. The ionic strength, pH value, and molecular weight all affect the characteristics of chitosan in solution (Espinosa-Andrews et al., 2007). This biomolecule's amine groups ionize at acidic pH levels, making chitosan water soluble and positively charged (Rajabi et al., 2019).

Gum Arabic (GA) is a naturally occurring branched-chain complex polysaccharide made from the exudates of Acacia Senegal or related Acacia species stems and branches. Its chemical composition varies depending on its source and the properties of the trees from which it was obtained such as age, soil environment, and the climate. 1,3-linked β-d-galactopyranosyl species make up its backbone, while two to five 1,3-linked β-d-galactopyranosyl units as side chains (Kiey et al., 2022). Because of its excellent microencapsulating qualities, as well as its high solubility and low viscosity at high concentrations, gum Arabic is a negatively charged polyelectrolyte that finds extensive application in industry (Espinosa-Andrews et al., 2007).

According to the literature, gum Arabic does not give certain organic liquids long-term stability against oxidation. Therefore, studying how it interacts with other biopolymers to enhance its oxidation-resistant barrier qualities would be intriguing. On the other hand, that chitosan has high oxygen-barrier qualities. Therefore, gum Arabic and chitosan together may create an inter-biopolymer electrostatic complex that forms enhanced robust viscoelastic films with effective oxidation resistance (Espinosa-Andrews et al., 2007). Also, compared to other macromolecules, increased gum Arabic reaction sites as a result of highly branched arabinogalactan-type polysaccharides and negative charges create an ideal environment for the interaction with chitosan during ionic gelation (Rajabi et al., 2019).

Because of their practical qualities-such as being renewable, biodegradable, affordable, readily available, and easy to create composites with agricultural waste materials have gained more attention for the synthesis of microparticles for different applications. Agricultural waste contains a variety of functional groups that increase their activity and chemical reactivity with surface functionality that is beneficial for different applications. As an example, it has examined the viability of employing agricultural solid waste containing composite materials, as adsorbents to remove colors and/or heavy metals from wastewater in literature (Şahbaz, 2023). It was mentioned that adding the sesame seed pulp wastes into the polymer composites is

promising to improve their mechanical qualities, particularly their tensile strength. A range of main and minor components, including carbohydrates, proteins, minerals, fiber, and cellulose, are included in sesame seed pulp wastes, which are by-products of the different food production processes (Şahin and Elhussein, 2018).

Nano and microcapsules generally show low thermo-mechanical properties. Therefore, these hydrophilic capsules need to be cross-linked during the synthesis stage. In addition, cross-linking of polymeric micro/nanocapsules with various cross-linkers limits their degradation rate and hydration potential, thus allowing longer-term utilization (Çağlar and Şahbaz, 2023). In literature studies, chemical crosslinkers such as formaldehyde, glutaraldehyde, diisocyanate, glyoxal, and epichlorohydrin are commonly used (Xue et al., 2011; Çağlar and Şahbaz, 2023; Welsh et al., 2002; Yang et al., 2005; Motawie et al., 2014).

In the present study, the composite powder of Chitosan, gum Arabic, and sesame seed pulp waste was synthesized with and without crosslinking by glutaraldehyde using different ratios of polyelectrolytes and characterized to understand the optimum synthesis ratio, interactions between waste biomass and the effects of the crosslinking on the structure.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materials

Chitosan (Mw: $19x10^4$-$31x10^4$Da) and glutaraldehyde solution (50 wt.%) were purchased from Sigma-Aldrich and Acros Organics, respectively. Gum Arabic was purchased from ZAG (density, d: 1.35 g/cm^{3}at 25˚C, purity, A: 98% min, water solubility: 500g/L at 20˚C). Acidic acid and NAOH (reagent grade) were obtained from Merck.

The SSPW used in this study was obtained as a waste of the tahini production process from the Helta Corporation in Denizli, Turkey. The dried waste particles were ground and used the particles in the sizes between 350 µm and 500 µm.

2.3. Synthesis of Ch/GA/SSPW Composite Materials

The synthesis processes of Ch/GA/SSPW composites were accomplished using two different ratio combinations of Ch and GA. In the first part, 2 g of chitosan and 1 g of GA were dissolved in acetic acid solution (5% by weight). Then, the obtained gel material was mixed with 1 g of SSPW using a magnetic stirrer (1000-1500 rpm) for 24 h. The mixture was then treated for 10 minutes by sonication using ultrasonic equipment (Bandelin, HD4100, Germany), operating at 20 kHz, 50% amplitude, and continuous regime. The resulting mixture was added into the NaOH solution (1.0 M) using pipe dropwise to obtain neutralization, and the mixtures were stirred at 150 rpm overnight. After this stage, the composite containing different amounts of Ch, GA, and SSPW was filtered and washed with deionized water until the pH value reached 7. The resulting material was dried at 60˚C for 48 h and referred to as Ch_2/GA_1/SSPW. To obtain Ch_1/GA_2/SSPW, the mentioned synthesis method above was used only varying the Ch amount as 1 g and GA amount as 2 g. The SSPW amount was kept constant in each material.

2.3. Synthesis of Crosslinked C-Ch/GA/SSPW Composite Materials

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The obtained composites as a result of the neutralization by NaOH solution were subjected to a crosslinking process using glutaraldehyde solution (2.5% by volume) at 60˚C for 24 h in a water bath with a shaker to examine the effect of the crosslinking on the properties of the synthesized composite materials. Lastly, crosslinked composite particles were washed and filtered using deionized water three times and dried at 60˚C for 2 days. The crosslinked C-Ch/GA/SSPW composite particles including varying amounts of Ch and GA were named as C-Ch_2/GA_1/SSPW and C-Ch_1/GA_2/SSPW.

The synthesis procedure is summarized in Fig. 1.

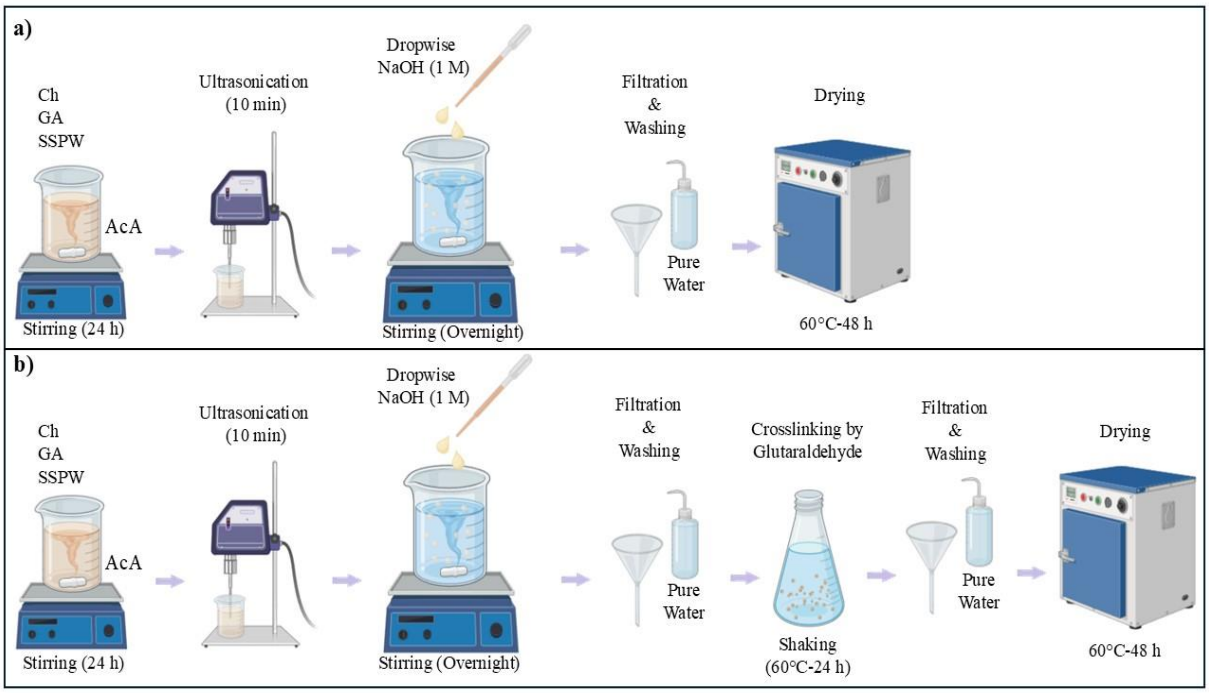


Figure 1. Synthesis method of Ch/GA/SSPW (a) and C-Ch/GA/SSPW (b).

2.4. Characterization of Ch/GA/SSPW and C-Ch/GA/SSPW Composite Materials

The chemical structure, the interactions between reagents, and the functionality of the materials were examined by a Fourier transform infrared (FTIR) spectroscope (Thermo Scientific Nicolet-iS50FT-IR) at the wavenumber range of 400–4000 cm^{-1}. Scanning Electron Microscopy images were observed by SEM, JEOL JSM-6610 to understand synthesized composite materials' morphology and surface properties. The specific surface areas of particles were determined using the Langmuir surface area determination method. N_2 adsorption-desorption isotherms were obtained at 77 K by Quantachrome Autosorb-1C-MS instrument.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterization of Composite Materials

Ch/GA/SSPW composite material with different reagent ratios and crosslinked composite materials C-Ch/GA/SSPW obtained as particles successfully and utilized as grounded fine powders in characterization tests.

FTIR spectroscopy was used to examine the chemical structure, the interactions between reagents, and the functionality of the synthesized materials. In literature, 1026, 1151, 1375, 1651, 2925, and 3400 cm^{-1} indicate C-OH stretching vibration, C-O-C bending vibration, CH_3 bending vibration, C=O stretching vibration, CH_3 symmetric stretch, O-H stretching vibration, N-H stretching vibration, respectively (Li et al., 2013). The characteristic peaks of Arabic gum are given in literature at 1030, 1418, 1600, 2920, and 3350 cm^{-1} which are typical bands of stretching of the C-O bond, symmetric stretching vibration of the carboxylic acid, asymmetric stretching vibration of the carboxylic acid, stretching vibration of C-H, and OH bond, respectively (Cavalu et al., 2018). Fig. 2 shows the FTIR spectra of Ch_1/GA_2/SSPW and Ch_2/GA_1/SSPW. Each composite material exhibited characteristic peaks of Ch and GA except a band of Ch at 1651 cm^{-1} and a band of GA at 1600 cm^{-1} which refers to the electrostatic interactions that occurred between chitosan amino groups and gum Arabic carboxyl groups (Tang et al., 2024). Also, new peaks emerged at 1575 and 2850 cm^{-1} for both composite materials. These two peaks and other small vibration peaks were associated with the structural peaks of SSPW (Jagadeesan et al., 2023).

The effect of crosslinking on the structure was investigated by FTIR as given in Fig. 3. The observed peaks at 1372-1374 cm^{-1} and 1149-1150 cm^{-1} shown in Fig. 2 disappeared in the spectra of the crosslinked C-Ch/GA/SSPW materials because of the crosslinking by glutaraldehyde. In addition, the spectrum of the crosslinked materials shows an emerged peak at 1653 cm^{-1} that refers to the amide group (-C(=O)N-) because of the crosslinking process (Li et al., 2013; Şahbaz, 2023).

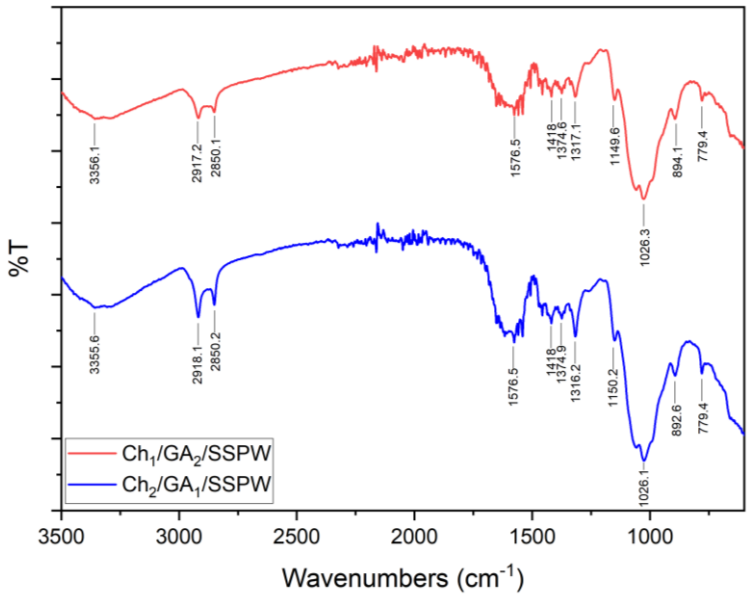


Figure 2. FTIR spectras of Ch_1/GA_2/SSPW and Ch_2/GA_1/SSPW.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

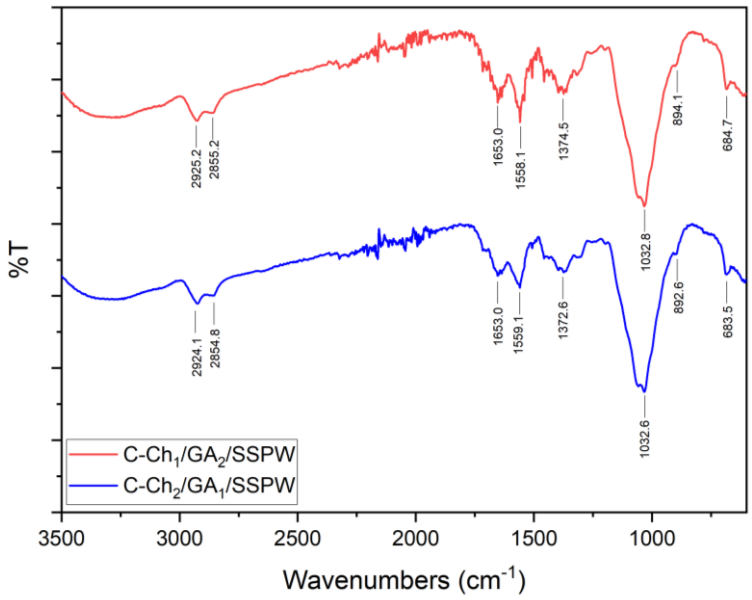
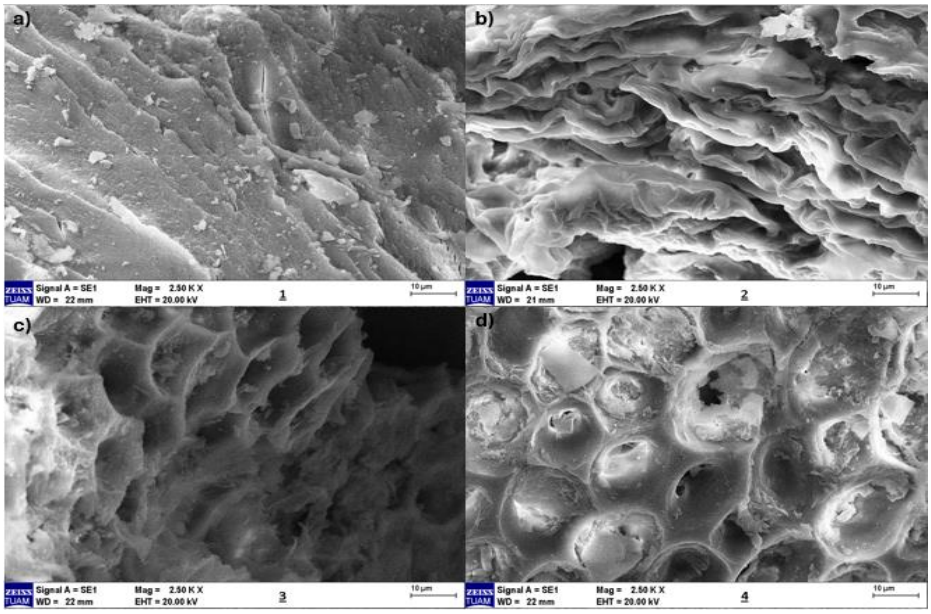


Figure 3. FTIR spectras of C-Ch_1/GA_2/SSPW and C-Ch_2/GA_1/SSPW.

The SEM images of synthesized materials are given in Fig. 4. As shown in Fig. 4 (a) and Fig. 4 (b), increased GA amount in the synthesis caused a non-smooth texture and a more porous structure. Ch_2/GA_1/SSPW exhibited a more dense and microporous structure. Broadly larger pores and curved rough surfaces were observed for Ch_1/GA_2/SSPW. The roughness and result of this hydrophilicity of the surface have been mentioned as beneficial for different applications such as adsorption and catalysis in literature (Habiba et al., 2017; Lin and Mecking, 2022). As shown in Fig. 4 (c) and Fig. 4 (d), cross-linking of the material caused a more ordered porous structure with uniform pores which has promising textural functionality with storage and adsorption capacity. Crosslinking caused regular pore shapes for both of the materials with different reagent ratios. Also, observed particles embedded in the structures demonstrate the successful participation of SSPW in the synthesized composite materials.



ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 4. SEM images of Ch_2/GA_1/SSPW(a), Ch_1/GA_2/SSPW(b), C-Ch_2/GA_1/SSPW(c), and C-Ch_1/GA_2/SSPW(d).

The effect of the crosslinking on the surface area of the synthesized material was examined by comparing the Langmuir surface areas of Ch_2/GA_1/SSPW and C-Ch_2/GA_1/SSPW. The Langmuir surface area of Ch_2/GA_1/SSPW was obtained as 31.995 m^2/g and this value was increased by crosslinking with glutaraldehyde to 146.324 m^2/g which is the Langmuir surface area of C-Ch_2/GA_1/SSPW.

3.2. Synthesis Mechanism of Composite Materials

Fig. 5 illustrates the synthesis mechanism of crosslinked composite material. It was mentioned that interactions are observed between amino groups of chitosan and hydroxy groups of gum Arabic in literature. The crosslinking by glutaraldehyde creates bridges via amino groups of chitosan. Also, crosslinking can occur between hydroxy groups of gum Arabic (Huang et al., 2017; Kiey et al., 2022). All of this causes the porous functionalized structure of the composite materials. On the other hand, the presence of SSPW causes the formation of embedded biomass nodes into the structure of composite materials.

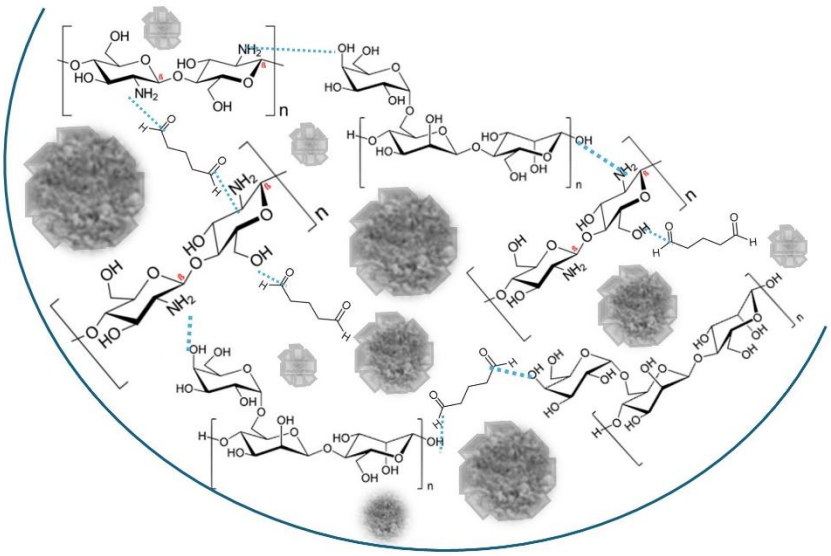


Figure 5. Synthesis mechanism of C-Ch/GA/SSPW.

4. CONCLUSION

In this study, sustainable and eco-friendly Ch/GA/SSPW composite materials with different reagent ratios were successfully synthesized in further obtained materials crosslinked by glutaraldehyde to improve properties and stability in various environments. Results showed that an increased amount of GA provides higher porosity and enhanced textural properties. Also, the crosslinking contributes to ordered enhanced porous structure with increased surface area.

REFERENCES

[1] Butstraen, C., Salaün, F. Preparation of microcapsules by complex coacervation of gum Arabic and chitosan. Carbohydrate polymers, 99, 608-616, 2014.

[2] Cavalu, S., Bisboaca, S., Mates, I. M., Pasca, P. M., Laslo, V., Costea, T., Vicas, S. Novel formulation based on chitosan-Arabic gum nanoparticles entrapping propolis extract. Rev. Chim, 69, 3756-3760, 2018.

[3] Çağlar, Ş., Şahbaz, D. A. Genipin ile çapraz bağlı nanokapsüllerin sentezi ve karakterizasyonu. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12, 3, 861-871, 2023.

[4] Espinosa-Andrews, H., Báez-González, J. G., Cruz-Sosa, F., Vernon-Carter, E. J. Gum arabic− chitosan complex coacervation. Biomacromolecules, 8, 4, 1313-1318, 2007.

[5] Espinosa-Andrews, H., Sandoval-Castilla, O., Vázquez-Torres, H., Vernon-Carter, E. J., Lobato-Calleros, C. Determination of the gum Arabic–chitosan interactions by Fourier Transform Infrared Spectroscopy and characterization of the microstructure and rheological features of their coacervates. Carbohydrate Polymers, 79, 3, 541-546, 2010.

[6] Habiba, U., Siddique, T.A., Joo, T.C., Salleh, A., Ang, B.C., Afifi, A.M. Synthesis of chitosan/polyvinyl alcohol/zeolite composite for removal of methyl orange, Congo red and chromium (VI) by flocculation/adsorption. Carbohydr. Polym., 157, 1568–1576, 2017.

[7] Huang, G. Q., Han, X. N., Xiao, J. X. Glutaraldehyde-crosslinked O-carboxymethyl chitosan–gum Arabic coacervates: Characteristics versus complexation acidity. Journal of Dispersion Science and Technology, 38, 11, 1607–1612, 2017.

[8] Jagadeesan, R., Suyambulingam, I., Somasundaram, R., Divakaran, D., Siengchin, S., Isolation and characterization of novel microcellulose from Sesamum indicum agro-industrial residual waste oil cake: conversion of biowaste to wealth approach. Biomass Conversion and Biorefinery, 13, 5, 4427-4441, 2023.

[9] Kiey, S. A., Hasanin, M. S., Heakal, F. E. T. Green and sustainable chitosan–gum Arabic nanocomposites as efficient anticorrosive coatings for mild steel in saline media. Scientific reports, 12, 1, 13209, 2022.

[10] Li, B., Shan, C.L., Zhou, Q., Fang, Y., Wang, Y.L., Xu, F., Han, L.R., Ibrahim, M., Guo, L.B., Xie, G.L., Synthesis, characterization, and antibacterial activity of cross-linked chitosan-glutaraldehyde. Mar. Drugs, 11, 1534–1552, 2013.

[11] Lin, F., Mecking, S. Hydrophilic Catalysts with High Activity and Stability in the Aqueous Polymerization of Ethylene to High-Molecular-Weight-Polyethylene. Angewandte Chemie, 134, 27, 2022.

[12] Motawie, A. M., Mahmoud, K. F., El-Sawy, A. A., Kamal, H. M., Hefni, H., Ibrahiem, H. A. Preparation of chitosan from the shrimp shells and its application for pre-concentration of uranium after cross-linking with epichlorohydrin. Egyptian Journal of Petroleum, 23, 2, 221-228, 2014.

[13] Rajabi, H., Jafari, S. M., Rajabzadeh, G., Sarfarazi, M., Sedaghati, S. Chitosan-gum Arabic complex nanocarriers for encapsulation of saffron bioactive components. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 578, 123644, 2019.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[14] Sahbaz, D. Enhanced Adsorption Performance Cross-Linked Chitosan/Citrus reticulata Peel Waste Composites as Low-Cost and Green Bio-Adsorbents: Kinetic, Equilibrium Isotherm, and Thermodynamic Studies. Polymers, 15, 15, 3246, 2023.

[15] Şahin, S., Elhussein, E. A. A. Assessment of sesame (Sesamum indicum L.) cake as a source of high-added value substances: from waste to health. Phytochemistry Reviews, 17, 691-700, 2018.

[16] TaheriAshtiani, N., Ayati, B. Using chitosan-based heterogeneous catalyst for degradation of Acid Blue 25 in the effective electro-Fenton process with rotating cathodes. Journal of Electroanalytical Chemistry, 905, 115983, 2022.

[17] Tang, Y., Gao, C., Zhang, Y., Tang, X. Structure and functionality of cinnamaldehyde/chitosan/gum Arabic complex particles. Food Hydrocolloids, 146, 109220, 2024.

[18] Welsh, E. R., Schauer, C. L., Qadri, S. B., Price, R. R. Chitosan cross-linking with a water-soluble, blocked diisocyanate. 1. Solid state, Biomacromolecules, 3, 6, 1370-1374, 2002.

[19] Xue, J. Q., Li, J. X., Wu, M., Wang, W., Ma, D. N. Preparation and characterization of formaldehyde crosslinked chitosan. Advanced Materials Research, 239, 279-282, 2011.

[20] Yang, Q., Dou, F., Liang, B., Shen, Q. Studies of cross-linking reaction on chitosan fiber with glyoxal. Carbohydrate Polymers, 59, 2, 205-210, 2005.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KİMYASAL OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ BOR MİNERALİ ZENGİNLEŞTİRME PROSESİNDE AÇIĞA ÇIKAN ATIKLARIN SULU ÇÖZELTİLERİNDEN ACİD BLUE -113 BOYARMADDESİNİN UZAKLAŞTIRILMASINDA ADSORBAN OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

MSc. Yağmur Dilan SEVİL
Bursa Uludağ Üniversitesi
yagmurdilanarslan@gmail.com /0009-0006-3237-4498

Prof. Dr. Asım OLGUN
Bursa Uludağ Üniversitesi
asimolgun@uludag.edu.tr / 0000-0002-0657-334X

ÖZET

Bu çalışmada üleksit minerali zenginleştirme prosesi atıkları (BA) kullanılarak anyonik Asit Mavi-113 boyar maddesinin kesikli ve sürekli sistemde sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması araştırılmıştır. Adsorpsion kapasitesi üzerine pH, başlangıç boya derişimi, temas süresi ve sıcaklık gibi parametrelerin etkisi incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, kinetik, termodinamik ve izotermal analizlerle değerlendirilmiştir. KBA'nın BA'ya kıyasla daha yüksek boyar madde giderim kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon deneylerinde en uygun pH değeri 3, temas süresi ise 60 dakika olarak tespit edilmiştir. BA için adsorpsiyon kapasitesi 99,158 mg/g, KBA için ise 99,752 mg/g olarak bulunmuştur. Sonuçlar, adsorpsiyon kapasitesinin artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu süreç yalancı ikinci dereceden denklem ve Freundlich izoterm modeli ile uyumlu bulunmuştur. Asit Mavi-113 boyar maddesinin adsorpsiyonunun kendiliğinden gerçekleşen ve ekzotermik bir süreç olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, Bor Endüstri Atığı, Acid Blue-113, Boyarmadde

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVESTİGATİON OF THE USABİLİTY OF CHEMİCALLY MODİFİED WASTE FROM THE BORON MİNERAL ENRİCHMENT PROCESS AS AN ADSORBENT FOR THE REMOVAL OF ACİD BLUE-113 DYE FROM AQUEOUS SOLUTİONS

MSc. Yağmur Dilan SEVİL
Bursa Uludag Unıversty
yagmurdilanarslan@gmail.com /0009-0006-3237-4498

Prof. Dr. Asım OLGUN
Bursa Uludağ Üniversitesi
asimolgun@uludag.edu.tr / 0000-0002-0657-334X

ABSTRACT

This study investigates the removal of anionic Acid Blue-113 dye from aqueous solutions in batch and continuous systems using the waste (BW) generated from the beneficiation process of ulexite mineral. The effects of parameters such as pH, initial dye concentration, contact time and temperature on adsorption capacity were examined. Experimental results were evaluated using kinetic, thermodynamic, and isothermal analyses. It was determined that ABW has a higher dye removal capacity compared to BW. In the adsorption experiments, the optimal pH value was found to be 3, and the contact time was identified as 60 minutes. The adsorption capacity was determined as 99.158 mg/g for BW and 99.752 mg/g for ABW. The results indicated a trend of increasing adsorption capacity. Furthermore, the process was found to be consistent with the pseudo-second-order kinetic equation and the Freundlich isotherm model. It was concluded that the adsorption of Acid Blue-113 dye is a spontaneous and exothermic process.

Key words: Adsorption, Boron Industry Waste, Acid Blue-113, Dye

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

1.1.Bor Madeni

Dünyadaki bor madeni yataklarının %76'sı ülkemizde bulunmaktadır. Bu madenlerinde yaklaşık %63'ü Türkiye'nin batı bölgesindedir

Türkiyedeki bor madeni yatakları devlet kurumu olan Etibor A.Ş tarafından kontrol edilmektedir.Önemli bor cevherleri arasındaki üleksit, kolomanit ve tinkal ülkemizde bulunmaktadır.

Bu çalışma üleksit minerali zenginleştirme prosesinde açığa çıkan atıklar kullanılarak yapılmıştır.

1.2.Üleksit

Kimyasal formülü $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$ olan üleksit minerali diğer bir ismiyle sodyum kalsiyum borat olarak bilinir.

Sodyum, su ve hidroksit içeren oktahedron yapılar sonsuz zincirler halinde birbirlerine bağlanmıştır. Bu zincirler kalsiyum, su, hidroksit, oksijen polihedraları ve temel bor birimleri ile birbirine bağlanır.

Temel bor birimi $B_5O_6(OH)_6$ formülüne ve negatif üç (-3) yüke sahiptir. Üç borat tetrahedron ve iki borat üçgen grubundan oluşur.
Sıcak suda az çözünür.

1.3. Zenginleştirme Prosesi

Türkiye, dünyanın en zengin bor yataklarına sahiptir. Ekonomik açıdan en önemli bor mineralleri olan boraks, kolemanit ve üleksit, ülkemizde geniş rezervlere sahiptir. Bu minerallerin işlenmesi sırasında konsantre bor üretimi, yıkama işlemleri sonrasında kil malzemelerin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Cevher zenginleştirme tesislerinden çıkan atıklar genellikle ince boyutlu katı maddelerden oluşur ve bu atıklar, maden sahalarının yakınındaki alanlara veya atık barajlarına boşaltılmaktadır. Günümüzde, bu tür atıkların en uygun şekilde bertaraf edilmesi üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde, araştırmacılar ve işletmeler bu konuda önemli çabalar harcamaktadır.

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni yöntem ve ekipmanların geliştirilmesi, düşük tenörlü cevherlerin işlenebilirliğini artırırken, depolanmış atıkların da değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bor atıkları, bu süreçte en öne çıkan malzemelerden biridir. Bu nedenle bor atıklarının depolanmasına ve yönetimine büyük önem verilmelidir. Ayrıca, bu atıkların toplandığı göletlerin inşası, işletmeler için yüksek maliyetler oluşturmaktadır. Madencilik

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

faaliyetleri sırasında oluşan atık miktarının giderek artması, atık barajlarında biriken bor atıklarının sanayide değerlendirilmesi için gerekli araştırmaların yapılmasını ve ilgili endüstri dallarıyla ortak projelerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bor endüstrisi atıklarının yüksek kil içeriğine sahip olması ve özellikle Balıkesir-Bigadiç bölgesindeki bor yataklarında zeolit mineralinin bulunması, bu atıkların adsorpsiyon süreçlerinde adsorban malzeme olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Balıkesir-Bigadiç bölgesinden elde edilen kolemanit ve üleksit zenginleştirme atıkları, belirli killer ve zeolit minerallerinden oluşmaktadır. Zeolit mineralleri, büyük yüzey alanı ve gözenekli yapısı sayesinde yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip etkili bir adsorban malzeme olarak öne çıkmaktadır.



Görsel 1 Bor Madenleri



Görsel 2 Tavuklama Prosesi



Görsel 3 Zenginleştirme Prosesi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

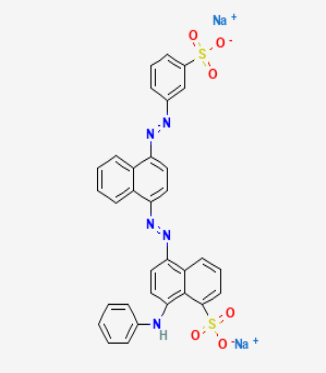


Görsel 4 Atıkların Depolandığı Yapay Göl

1.4.Acid Blue-113

Kimyasal adı Acid Blue-113 olan azo boyarmaddesinin kimyasal formülü $C_{32}H_{21}N_5O_6S_2Na_2$ şeklindedir. Molekül ağırlığı 681.65 g/mol, Λ_{max} ise 566 nm'dir.
Anyonik boyarmadde grubunda olan bu boya; yüksek fotovoltaik kararlılığı ve mikrobiyal bozulmalara karşı olan direnciyle tekstil sektöründe en çok kullanılan azo boyar maddelerden biridir. Aromatik halkalar ve azo bağı (N=N) bulunduran bu boya türü çevreye karşı oldukça dirençli ve kararlı olduğundan bozunmaz. Azo bağı memeliler (dolayısıyla insanlar) ve çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilen azo redüktaz enzimi tarafından parçalanır. Enzim, bileşende bulunan aminlerin salınımını hızlandırarak toksisite ve kanserojen etkiyi hızlandırır. Haricinde geniş su kütlelerine etki eden boya güneş ışığının suya olan geçirgenliğini azaltır. Bu durum sucul ortamdaki fotosentez sürecini etkiler ve çözünmüş oksijen konsantrasyonunu düşürür.

Boyarmaddeleri ve mikroorganizmaları içeren bu sular toksisiteleri ile atıldıkları ekosistemi tehdit ederler. Atıksular deşarj edilmeden yada yeniden kullanıma sunulmadan önce kirliliklerini belirli bir orana düşürmek için arıtılır.



Görsel 25 Acid Blue-113 Kimyasal Yapısı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.5.Arıtma Teknolojisi

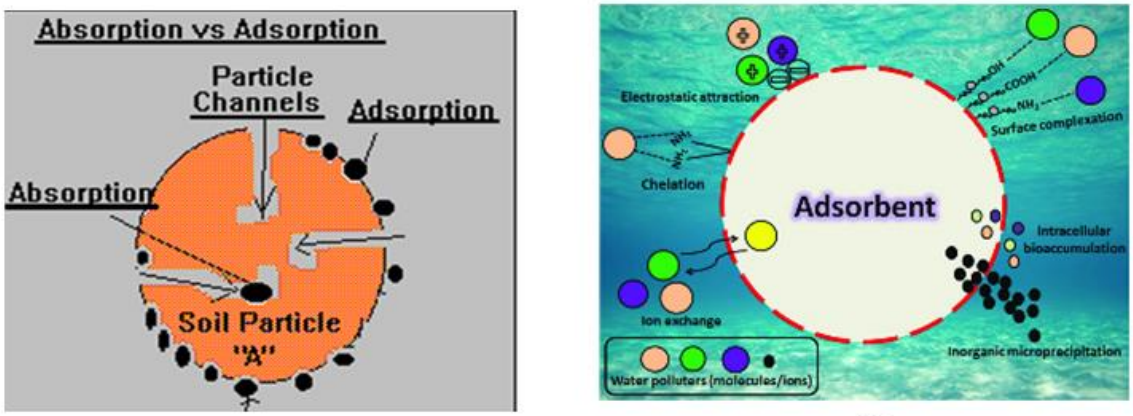
Atık su arıtma teknolojileri;

- Membran Sistemleri
- Adsorpsiyon Sistemleri
- Koagülasyon ve Flokülasyon Sistemi
- Kimyasal Oksidasyon
- Elektrokimyasal Sistemler
- Biyolojik Oksidasyon ve Redüksiyon Sistemleri olmak üzere sınıflandırılır.

Bu çalışma adsorpsiyon sistemi üzerine yapılmıştır.

1.6.Adsorpsiyon

Bir fazda bulunan iyon yada moleküllerin başka bir fazın yüzeyine tutunmasına adsorpsiyon denir.
En fazla kullanılan adsorban madde aktif karbondur. Ancak bu da oldukça maliyetlidir. Bu maliyet ve rejenerasyon sorunu araştırmacıları yeni adsorban malzeme arayışı içine sokmuştur.



(a) (b)

Görsel 6 (a) Adsorpsiyon (b) Adsorpsiyon çeşitleri ve prosesi

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylerde adsorban malzeme olarak Balıkesir Bigadiç Eti Maden İşletmesinden üleksit minerali zenginleştirme prosessi sırasındada açığa çıkan kullanılmıştır. Atık, 63 µm elekten hiçbir kırma işlemi gerçekleştirilmeden ve 105 derecede iki saat kurutulduktan sonra analizlerde kullanılmıştır. Atığın analizi AXIOS-max model, PANalytical marka X-RF cihazıyla B_2O_3 analizi ise contrAA-300 model, Analitikjena marka AAS cihazıyla yapılmıştır.

Asit Mavi-113 boyar maddesi Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. Bu boyar madde kullanılarak 1000 ppm'lik çözelti stok hazırlanmıştır. Yapılan tüm analizler bu stok

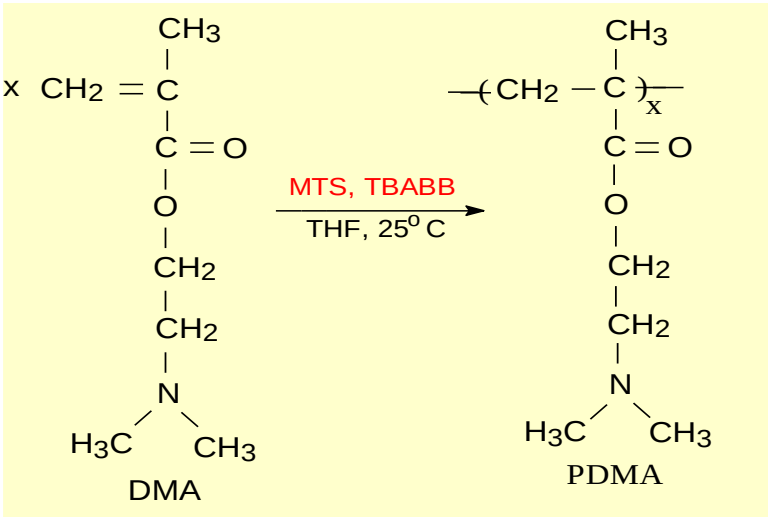
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

çözeltinin seyreltilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında çözelti ortamında kalan boya konsantrasyonu maksimum dalga boyunda tespit edilmiştir.
Deneylerde 0,1 M NaOH ve HCl kullanılarak pH ayarlanmıştır.

Bileşen	Kimyasal Analiz (%)
SiO_2	30,0
Al_2O_3	0,33
Fe_2O_3	0,13
CaO	11,9
MgO	25,0
SO_3	0,81
Na_2O	2,27
K_2O	0,06
B_2O_3	12,23
Kızdırma kaybı	17,27

Çizelge 20 Bor Atığının Kimyasal Analizi

Bor atığının aktivasyonunu artırmak için aşağıdaki polimerle kaplanmıştır. Bor Atığı BA ; kimyasal olarak aktive edilen bor atığı KBA olarak adlandırılmıştır.



Görsel 26 Grup Transfer Polimerizasyon yöntemiyle poli[2-(N-dimetilamino)etil metakrilat] homopolimeri (PDMA) sentezi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

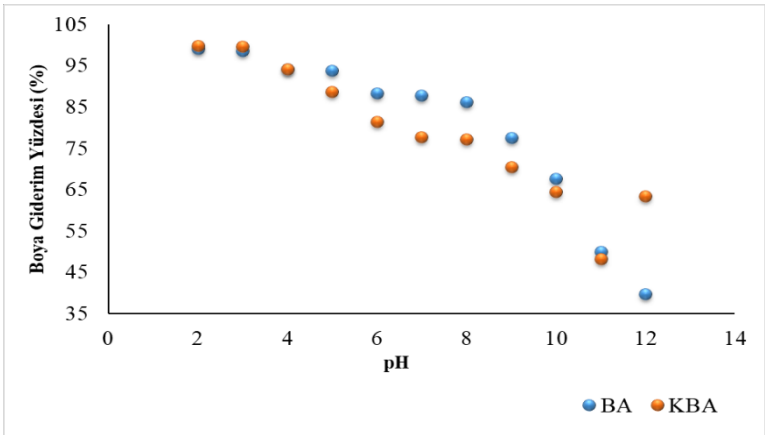
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmalar kesikli sistemde yapılmıştır.

Bor atığının adsorpsiyon kapasitesi ; başlangıç konsantrasyonu etkisi, temas süresi, adsorban dozajı, optimum pH ve çözelti sıcaklığına bağlı olarak araştırılmıştır.

3.1. pH Etkisi

pH 2-12 arasında; adsorban madde ile çözelti hacmi sabit tutularak (boyar madde konsantrasyonu=50ppm adsorban miktarı=0,025 g) yapılan deneylerde, pH 3'te (q_e= 98,618mg/g) maksimum adsorpsiyonun görüldüğü ve pH'ın artmasıyla adsorpsiyon kapasitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.



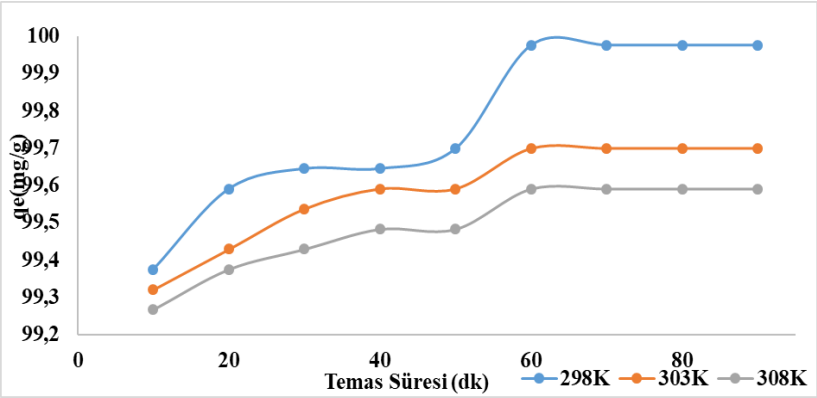
Görsel 27 pH etkisi

3.2. Temas Süresi

Kesikli sistem deneylerinde başlangıç boyarmadde konsantrasyonları her üç sıcaklık için 50 mg/L ve adsorban miktarları 0,025 g olarak sabitlenmiştir. Bu koşullar altında; 25°C, 30°C, ve 35 °C sıcaklıklarında 10 ila 90 dakika arasında çeşitli zaman aralıklarında adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir.

Adsorpsiyon kapasitesindeki bu hızlı artış, başlangıçta adsorbanın adsorpsiyon için uygun çok sayıda boş adsorpsiyon merkezine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla beraber azalan q_e değerleri ; adsorpsiyon prosesinin ekzotermik olduğunu göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

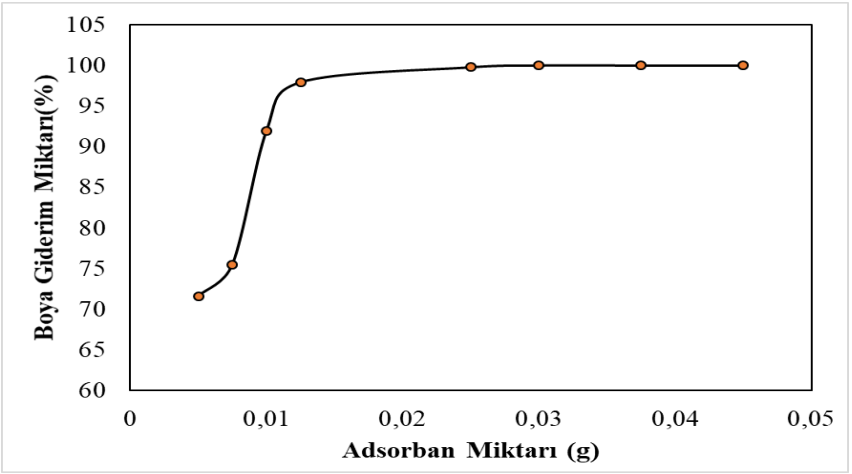


Görsel 28 AB-113 Boyarmaddesinin Çeşitli Sıcaklıklarda Bor Atığı Üzerine Adsorpsiyonunun Temas Süresine Bağlı Etkisi

3.3.Adsorban Miktarı

Her bir deneyde artırılan adsorban miktarıyla beraber adsorpsiyonunda arttığı gözlemlenmektedir. Ancak 25 mg'dan itibaren adsorban miktarı artırılsa dahi q_e değerlerinde dikkate değer bir artma görülmemiştir.

Bundan dolayı adsorban miktarı optimum nokta olarak 25 mg tayin edilmiştir

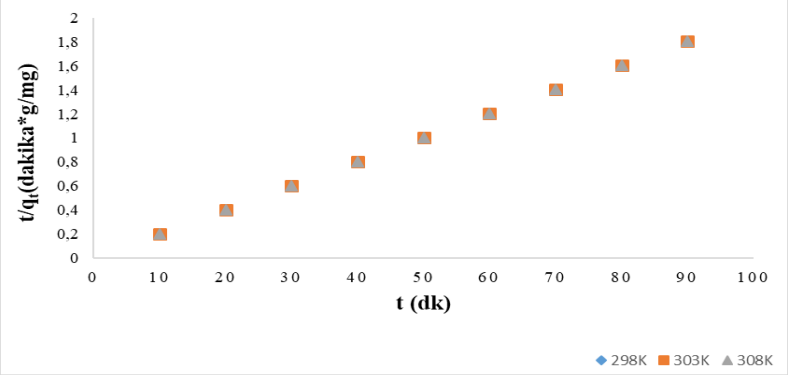


Görsel 29 Adsorban Miktarına Bağlı Boya Giderim Yüzdesi

3.4. Adsorpsiyon Kinetiği

AB-113 boyar maddesi 0,025 g olan optimum adsorban miktarı ile 25°C, 30°C ve 35°C'lerde kesikli sistemde kinetik çalışmalar yapılmıştır.

AB-113 boyar maddesinin $\mathbf{R^2}$ değerinin yüksek olmasıyla ve deneysel verilerle hesaplanan verilerin birbirlerini desteklemesiyle sistemin yalancı ikinci dereceden denkleme uygunluğu görülmektedir.



Görsel 30 AB-113 Boyarmaddesi İçin 25°C, 30°C ve 35°C'lerde Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Modeli

Adsorban + Boyarmadde	Sıcaklık (°C)	Yalancı Birinci Dereceden Model				Yalancı İkinci Dereceden Model			
		q_1 (mol/g)	q_{den} (mol/g)	k_1 (dk^{-1})	r_1^2	q_2 (mol/g)	q_{den} (mol/g)	k_2 (dk^{-1})	r_2^2
AB-113 + BA	25	$4,97x10^{-2}$	$4,99x10^{-2}$	$3,89x10^{-5}$	0,7333	$4,99x10^{-2}$	$4,99x10^{-2}$	$4,08x10^{-1}$	0,999
	30	$4,97x10^{-2}$	$4,98x10^{-2}$	$4,61x10^{-5}$	0,8516	$4,99x10^{-2}$	$4,98x10^{-2}$	$3,10x10^{-1}$	0,999
	35	$4,96x10^{-2}$	$4,98x10^{-2}$	$3,98x10^{-5}$	0,8745	$4,98x10^{-2}$	$4,98x10^{-2}$	$3,44x10^{-1}$	0,999

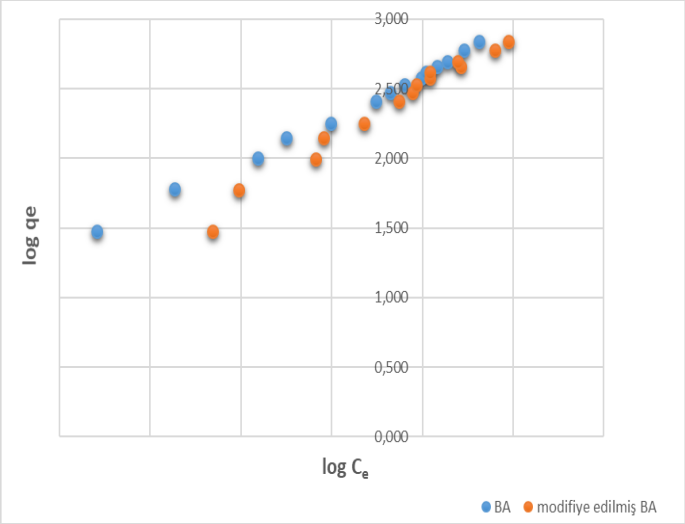
Çizelge 21 AB-113 Boyarmaddesinin Kesikli Sistemde Farklı Sıcaklıklarda Adsorpsiyon Kinetiği için Parametreler

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.5.Adsorpsiyon İzotermi

AB-113 boyar maddesinin kesikli sistemde ; BA ve KBA kullanılarak Langmuir ve Freundlich izotermi modeli incelenmiştir. İzoterm modelleri 25°C'de pH 3'de sabit tutularak; 0,025 g adsorban ile 60 dakika temas süresi baz alınarak, 50 mg/L örneklerle kesikli sistemde çalışılmıştır.

Adsorpsiyon için en uygun modelin yüksek $\mathbf{R^2}$ değeri (BA için 0,996 ; KBA için 0,981) ile Freundlich izotermi modeli olduğu görülmektedir. Adsorpsiyonun çok katmanlı ve heterojen yüzeyde gerçekleştiğini, **n>1** olmasıyla adsorbanın boyar maddeyi kolaylıkla tuttuğunu göstermektedir. Şekil 12'de verilen $\mathbf{C_e}$'ye bağlı $\mathbf{q_e}$ grafiğindeki sürekli artışta bize adsorpsiyonun Freundlich izotermine uygunluğunu ispatlamaktadır.



Görsel 31 AB-113 Boyarmaddesinin BA ve KBA Üzerine Adsorpsiyonunun Freundlich Modeli

İzoterm Modeli		KBA	BA
Langmuir İzotermi	q_{max}(mol g^{-1})	2	0,400
	Kl(l mol^{-1})	7,33x10^5	2,708x10
	R^2	0,972	0,958
Freundlich izotermi	Kf(l mol^{-1})	0,402	0,328
	n	1,581	1,245
	R^2	0,996	0,981

Çizelge 22 İzoterm Modellerinin Hesaplamaları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3.6.Adsorpsiyon Termodinamiği

ΔG^o değerinin negatif olması adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleştiğini,
ΔH^o negatif olması adsorpsiyonun ekzotermik olduğunu,
ΔS^o değerinin negatif olması ile adsorpsiyon esnasında düzensizliğin azaldığını göstermektedir.

T(°K)	R^2	lnK_c	ΔG°(kj/mol)	ΔH°(kJ/mol)	ΔS°(J/mol K)
298		5,78	-14,31		
303	0,997	5,56	-14,01	-35,40	-70,71
308		5,31	-13,60		

Çizelge 23 AB-113 Boyarmaddesinin Termodinamik Parametreleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4. SONUÇLAR

Yapılan deneylerde, adsorpsiyon kapasitesinin başlangıç boyar madde derişimi, pH, temas süresi ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Deneysel verilerin yalancı ikinci dereceden kinetik modele ve Freundlich izoterm modeline uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, sıcaklık artışıyla adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı ve adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Minimum adsorban kullanımıyla maksimum kirleticinin uzaklaştırılmasını hedefleyen bu tür çalışmalar, bor endüstrisi atıklarının adsorban malzeme olarak değerlendirilmesine önemli katkılar sunmaktadır

KAYNAKÇA

Al-Ghouti, Mohammad A, and Dana A Da'ana. 2020. "Guidelines for the Use and Interpretation of Adsorption Isotherm Models: A Review." *Journal of Hazardous Materials* 393: 122383.

Al-Musawi, Tariq J, Nezamaddin Mengelizadeh, Orabi Al Rawi, and Davoud Balarak. 2022. "Capacity and Modeling of Acid Blue 113 Dye Adsorption onto Chitosan Magnetized by Fe2O3 Nanoparticles." *Journal of Polymers and the Environment* 30(1): 344–59.

Ali, Imran, and V K Gupta. 2006. "Advances in Water Treatment by Adsorption Technology." *Nature Protocols* 1(6): 2661–67.

Atar, Necip, and Asim Olgun. 2007a. "Removal of Acid Blue 062 on Aqueous Solution Using Calcinated Colemanite Ore Waste.**"** *Journal of Hazardous Materials* 146(1): 171–79.

Atar, Necip, and Asim Olgun. 2007b. "Removal of Acid Blue 062 on Aqueous Solution Using Calcinated Colemanite Ore Waste." *Journal of Hazardous Materials* 146(1–2): 171–79.

Atar, Necip, and Asim Olgun. 2009. "Removal of Basic and Acid Dyes from Aqueous Solutions by a Waste Containing Boron Impurity." *Desalination* 249(1): 109–15.

Atar, Necip, Asim Olgun, and Shaobin Wang. 2012. "Adsorption of Cadmium (II) and Zinc (II) on Boron Enrichment Process Waste in Aqueous Solutions: Batch and Fixed-Bed System Studies." *Chemical Engineering Journal* 192: 1–7.

Atar, Necip, Asim Olgun, Shaobin Wang, and Shaomin Liu. 2011. "Adsorption of Anionic Dyes on Boron Industry Waste in Single and Binary Solutions Using Batch and Fixed-Bed

Systems." *Journal of Chemical & Engineering Data* 56(3): 508–16.

Bazrafshan, Edris, Mohammad Reza Alipour, and Amir Hossein Mahvi. 2016. 57 Desalination and Water Treatment *Textile Wastewater Treatment by Application of Combined Chemical Coagulation, Electrocoagulation, and Adsorption Processes*. Taylor & Francis.

Benkhaya, Said, Souad M'rabet, and Ahmed El Harfi. 2020. "Classifications, Properties, Recent Synthesis and Applications of Azo Dyes." *Heliyon* 6(1).

Cardoso, Natali F, Rodrigo B Pinto, Eder C Lima, Tatiana Calvete, Camila V Amavisca, Betina Royer, Marta L Cunha, Thais H M Fernandes, and Isis S Pinto. 2011. "Removal of Remazol Black B Textile Dye from Aqueous Solution by Adsorption." *Desalination* 269(1): 92–103.

Chacko, Joshni, and Subramaniam Kalidass. 2014. "Enzymatic Degradation of Azo Dyes – A Review Enzymatic Degradation of Azo Dyes – A Review." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 1(January 2011): 1250–60.

Çolak, Ferdağ, Necip Atar, and Asim Olgun. 2009. "Biosorption of Acidic Dyes from Aqueous Solution by Paenibacillus Macerans: Kinetic, Thermodynamic and Equilibrium Studies." *Chemical Engineering Journal* 150(1): 122–30.

Ebrahimzadeh, Salma, Bas Wols, Arianna Azzellino, Bram J Martijn, and Jan Peter van der Hoek. 2021. "Quantification and Modelling of Organic Micropollutant Removal by Reverse Osmosis (RO) Drinking Water Treatment." *Journal of Water Process Engineering* 42: 102164.

Gouda, Mohamed, Hisham A Mohamed, Manal F Abou Taleb, and Nashi K Alqahtani. 2024. "Antimicrobial Zinc Oxide/Polymer Nanocomposites for the Removal of Toxic Textile Dye." *Cellulose*.

Gupta, Vinod Kumar, Shilpi Agarwal, Asim Olgun, Halil İbrahim Demir, Mehmet Lütfi Yola, and Necip Atar. 2016. "Adsorptive Properties of Molasses Modified Boron Enrichment Waste Based Nanoclay for Removal of Basic Dyes." *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 34: 244–49.

Kalam, Shams, Sidqi A Abu-Khamsin, Muhammad Shahzad Kamal, and Shirish Patil. 2021. "Surfactant Adsorption Isotherms: A Review." *ACS Omega* 6(48): 32342–48.

Katheresan, Vanitha, Jibrail Kansedo, and Sie Yon Lau. 2018. "Efficiency of Various Recent Wastewater Dye Removal Methods: A Review." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 6(4): 4676–97.

Kord Mostafapour, Ferdos, Razieh Zolghadr, Morteza Khodadadi Saloot, Amir Hossein Mahvi, Davoud Balarak, and Elham Safari. "Removal of Acid Blue 113 from Aqueous Medium Using a Novel Magnetic Adsorbent Derived from Activated Carbon Fiber." *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*: 1–16.

L**in, Sheng H, and Chi F Peng. 1994.** "Treatment of Textile Wastewater by Electrochemical Method." *Water Research* 28(2): 277–82.

Musah, Monday, Yakubu Azeh, John Mathew, Musa Umar, Zulaihat Abdulhamid, and Aishetu Muhammad. 2022. "Adsorption Kinetics and Isotherm Models: A Review." *Caliphate Journal of Science and Technology* 4(1): 20–26.

Olgun, A, and N Atar. 2011. "Removal of Copper and Cobalt from Aqueous Solution onto Waste Containing Boron Impurity." *Chemical Engineering Journal* 167(1):

O**lgun, Asim, and Necip Atar. 2009.** "Equilibrium and Kinetic Adsorption Study of Basic Yellow 28 and Basic Red 46 by a Boron Industry Waste." *Journal of Hazardous Materials* 161(1): 148–56.

Olgun, Asim, and Necip Atar. 2012. "Equilibrium, Thermodynamic and Kinetic Studies for the Adsorption of Lead (II) and Nickel (II) onto Clay Mixture Containing Boron Impurity." *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 18(5): 1751–57.

Olgun, Asim, Necip Atar, and Shaobin Wang. 2013. "Batch and Column Studies of Phosphate and Nitrate Adsorption on Waste Solids Containing Boron Impurity." *Chemical Engineering Journal* 222: 108–19.

Özdemir, Y. 2005. "Katyonik Boyar Maddelerin Sepiyolit Yüzeyinde Adsorpsiyonu ve Adsorpsiyon Kinetiği."

Pourali, Peyman, Malaekeh Behzad, Hossein Arfaeinia, Ali Ahmadfazeli, Shirin Afshin, Yousef Poureshgh, and Yousef Rashtbari. 2021. "Removal of Acid Blue 113 from Aqueous Solutions Using Low-Cost Adsorbent: Adsorption Isotherms, Thermodynamics, Kinetics and Regeneration Studies." *Separation Science and Technology* 56(18): 3079–91.

Qiu, Hui, Lu Lv, Bing-cai Pan, Qing-jian Zhang, Wei-ming Zhang, and Quan-xing Zhang. 2009. "Critical Review in Adsorption Kinetic Models." *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A* 10(5): 716–24.

Semerjian, L, and G M Ayoub. 2003. "High-PH–Magnesium Coagulation–Flocculation in Wastewater Treatment." *Advances in Environmental Research* 7(2): 389–403.

d**a Silva, Luiz Thiago Vasconcelos, André Gadelha de Oliveira, Jefferson Pereira Ribeiro, Amanda Fonseca Lopes, Rouse da Silva Costa, Eliezer Fares Abdala Neto, Tecia Vieira Carvalhod, et al. 2024.** "Electrocoagulation Cell for the Production of Hydrogen without Carbon Emission and Simultaneous Treatment of Textile Wastewater." *International Journal of Hydrogen Energy* 64: 906–13.

Simonin, Jean-Pierre. 2016. "On the Comparison of Pseudo-First Order and Pseudo-Second Order Rate Laws in the Modeling of Adsorption Kinetics." *Chemical Engineering Journal* 300: 254–63. doi:https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.04.079.

Targan, Ş, A Olgun, Y Erdogan, and V Sevinc. 2002. "Effects of Supplementary Cementing Materials on the Properties of Cement and Concrete." *Cement and Concrete Research* 32(10): 1551–58.

Üçüncü, Osman. 2019. "Atıksu Arıtımı, Atıksu Deşarjı, Su Kirliliği ve Halk Sağlığı: Trabzon İli Örneği TT - Wastewater Treatment, Wastewater Discharge and Water Pollution; The Case Study of Trabzon Province." *Türk Hidrolik Dergisi* 3(2): 14–29.

Wang, Jianlong, and Xuan Guo. 2020. "Adsorption Isotherm Models: Classification, Physical Meaning, Application and Solving Method." *Chemosphere* 258: 127279.

Xie, Shijie. 2024. "Biosorption of Heavy Metal Ions from Contaminated Wastewater: An Eco-Friendly Approach." *Green Chemistry Letters and Reviews* 17(1): 2357213.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yılmaz, Bülent, and Asim Olgun. 2008. "Studies on Cement and Mortar Containing Low-Calcium Fly Ash, Limestone, and Dolomitic Limestone." *Cement and Concrete Composites* 30(3): 194–201.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

STRATEJİK YÖNETİM: UYGULAMALI BİLİMLERDE ÇEVRESEL VE TOPLUMSAL DÖNÜŞÜM

Doç. Dr. Demet DÖNMEZ
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü
demetdonmez@osmaniye.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-5833-9088

ÖZET

Bu bildiri, sürdürülebilir stratejik yönetimin uygulamalı bilimlerde çevresel ve toplumsal dönüşüm üzerindeki etkilerini ele almaktadır. Çalışmada, stratejik yönetim yaklaşımlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda nasıl şekillendiği ve uygulamalı bilimlerin bu süreçteki rolü incelenmektedir. Çevresel sorunlara yenilikçi çözümler geliştirme ve toplumsal faydayı artırma amacıyla sürdürülebilir stratejik yönetimin önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji, kaynak yönetimi, ekosistem koruması ve sosyal eşitlik gibi temel alanlarda stratejik planlama süreçlerinin etkileri değerlendirilmektedir. Çalışma, çevresel ve toplumsal dönüşümde stratejik yönetim ile uygulamalı bilimlerin entegrasyonunun, geleceğin sürdürülebilir politikaları için bir yol haritası sunduğunu ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, stratejik yönetim, çevresel dönüşüm, toplumsal dönüşüm, uygulamalı bilimler

(Strategic Management: Environmental And Social Transformation in Applied Sciences)

ABSTRACT

This paper examines the impact of sustainable strategic management on environmental and social transformation in applied sciences. The study explores how strategic management approaches are shaped in line with sustainable development goals and the role of applied sciences in this process. The importance of sustainable strategic management in developing innovative solutions to environmental challenges and enhancing social benefits is emphasized. Additionally, the effects of strategic planning processes in key areas such as renewable energy, resource management, ecosystem protection, and social equity are evaluated. The study highlights how the integration of strategic management and applied sciences in environmental and social transformation provides a roadmap for future sustainable policies.

Keywords: Sustainability, strategic management, environmental transformation, social transformation, applied sciences

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Günümüzün dinamik ve hızlı değişen iş dünyasında, stratejik yönetim kavramı, işletmelerin sürdürülebilir başarısını sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle uygulamalı bilimler alanında faaliyet gösteren kurumlar için çevresel ve toplumsal dönüşümler, stratejik planlamanın merkezinde yer almaktadır. Bu makale, stratejik yönetimin uygulamalı bilimlerde çevresel ve toplumsal dönüşümlere nasıl entegre edilebileceğini ve bu entegrasyonun işletmeler üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Stratejik yönetimin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için etkili liderliğin önemi büyüktür. Liderler, vizyon oluşturma, değişimi yönetme ve organizasyon içinde yenilikçiliği teşvik etme konularında kritik bir rol oynarlar. Uygulamalı bilimlerde faaliyet gösteren liderlerin, çevresel ve toplumsal sorumlulukları göz önünde bulundurarak stratejik kararlar almaları gerekmektedir. Bu bağlamda, liderlerin sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar geliştirmeleri ve bu yaklaşımları organizasyon kültürüne entegre etmeleri büyük önem taşımaktadır. Stratejik yönetim, yalnızca organizasyon içi hedeflere ulaşmayı değil, aynı zamanda küresel dinamiklere uyum sağlamayı da içerir. İklim değişikliği, hızlanan dijitalleşme ve artan toplumsal eşitsizlikler gibi küresel faktörler, işletmelerin sürdürülebilirlik ve toplumsal sorumluluk odaklı stratejiler geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, stratejik yönetim, organizasyonların çevresel ve toplumsal dönüşümleri dikkate alarak rekabet avantajını koruma becerisini belirler.

Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomilerde stratejik yönetim, ekonomik dalgalanmalar, teknolojik dönüşüm ve artan çevresel regülasyonlar gibi faktörlerle şekillenmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) son raporları, büyük ölçekli işletmelerin stratejik yönetim süreçlerinde veri analitiği ve yenilikçi araçlardan daha fazla yararlanmaya başladığını, ancak KOBİ'lerin bu süreçlerde hala eksik kaldığını göstermektedir. Bu durum, ülke genelinde stratejik yönetim yaklaşımlarının daha kapsayıcı bir şekilde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Küresel iklim krizi ve artan göç hareketleri, stratejik yönetimin toplumsal ve çevresel boyutlarını daha da önemli hale getirmiştir. Özellikle Türkiye'de, hızla kentleşen nüfusun altyapı üzerindeki baskısı ve mülteci entegrasyonu, işletmelerin stratejik planlamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu dönüşümler, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda stratejik yönetim yaklaşımlarının yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Stratejik yönetim, kaynakların etkin ve verimli kullanımı yoluyla organizasyonun hedeflerine ulaşmasını sağlayan bir dizi süreçtir. Uygulamalı bilimler bağlamında, bu süreçler çevresel ve toplumsal faktörlerin dikkate alınmasını gerektirir. Kuramsal olarak, Porter's Five Forces, SWOT analizi ve Balanced Scorecard gibi stratejik yönetim modelleri, işletmelerin çevresel ve toplumsal dinamikleri analiz etmelerine ve buna uygun stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, paydaş teorisi ve kurumsal sosyal sorumluluk (CSR) kavramları, stratejik yönetimin toplumsal boyutunu anlamada temel taşlar olarak öne çıkmaktadır. Stratejik yönetim süreçlerini anlamada sistem teorisi önemli bir çerçeve sunar. Bu teoriye göre, organizasyonlar birbiriyle etkileşim halindeki alt

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sistemlerden oluşan açık sistemlerdir. Çevresel faktörlerin sürekli değiştiği bir ortamda, organizasyonların dış çevreden gelen girdilere uyum sağlaması ve stratejik esneklik geliştirmesi hayati önem taşır. Uygulamalı bilimler bağlamında, sistem teorisi, çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal sorumluluk hedeflerinin stratejik planlara entegre edilmesine yönelik bir rehber sunmaktadır. Kaynak tabanlı görüş, organizasyonların rekabet avantajını, sahip oldukları değerli, nadir, taklit edilemeyen ve örgütsel olarak desteklenen kaynaklar üzerinden elde ettiğini savunur. Çevresel ve toplumsal dönüşümlere karşı organizasyonların entelektüel sermaye, yenilikçilik kapasitesi ve sürdürülebilirlik odaklı teknolojilere yatırım yapması, stratejik yönetimde RBV'nin önemini artırmaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerji projeleri ve dijitalleşme süreçleri bu yaklaşımın uygulama alanlarına örnek olarak gösterilebilir.

Michael Porter'ın rekabet stratejileri modeli, işletmelerin sektörel dinamikleri ve değer zinciri aktivitelerini dikkate alarak stratejik kararlar geliştirmesine odaklanır. Değer zinciri analizi, organizasyonların her bir faaliyet adımında nasıl değer yarattıklarını incelemelerini sağlar. Çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal etki hedeflerini stratejik yönetim süreçlerine entegre etmek, bu faaliyetlerin daha verimli ve etkili bir şekilde yapılandırılmasına olanak tanır.

Küreselleşen dünyada, stratejik yönetim, yerel ve uluslararası dinamiklerin uyum içinde ele alınmasını gerektirir. Küresel strateji yaklaşımları, işletmelerin hem uluslararası pazarlarda rekabet avantajı elde etmelerine hem de yerel pazarlara özgü stratejiler geliştirmelerine olanak tanır. Türkiye, stratejik konumu sayesinde hem Avrupa hem de Asya pazarlarına erişim sağlayan bir merkezdir. Ancak, uluslararası rekabette yerel dinamiklerin dikkate alınması gerekliliği, stratejik yönetim sürecini karmaşıklaştırmaktadır.

Stratejik yönetimin bir diğer önemli boyutu, değişim yönetimi ve adaptasyon süreçleridir. John Kotter'ın değişim yönetimi modeli, organizasyonların çevresel ve toplumsal değişimlere adapte olurken izlemesi gereken sekiz aşamalı bir yol haritası sunar. Belirsizlik ve kriz dönemlerinde stratejik esneklik kazanmak, uygulamalı bilimlerde faaliyet gösteren organizasyonlar için kritik bir başarı faktörüdür. Türkiye'de pandemi sonrası dijital dönüşüm süreçleri, bu modelin uygulanabilirliğine iyi bir örnek teşkil etmektedir.Stratejik yönetim süreçlerini anlamada sistem teorisi, organizasyonları birer açık sistem olarak ele alır. Katz ve Kahn (1978), organizasyonların çevreden girdiler alarak, bu girdileri çıktı haline dönüştürdüklerini ve dış çevreye yeniden entegre ettiklerini belirtmiştir. Bu teori, çevresel ve toplumsal dönüşümlerin stratejik yönetim süreçlerine entegrasyonunda önemli bir çerçeve sunar. Türkiye'de yenilenebilir enerji projeleri gibi sürdürülebilir girişimler, sistem teorisinin pratik uygulamalarına örnek teşkil etmektedir.

Barney (1991) tarafından geliştirilen Kaynak Tabanlı Görüş (RBV), organizasyonların rekabet avantajını, sahip oldukları nadir ve taklit edilemez kaynaklar üzerinden elde ettiğini vurgular. Örneğin, Türkiye'deki teknoloji girişimlerinin yapay zekâ ve büyük veri teknolojilerine yatırım yapması, bu kaynakların stratejik değerini artırmaktadır. OECD'nin 2023 Küresel İnovasyon Raporu'na göre, bu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

tür yenilikçi yatırımlar, organizasyonların çevresel ve toplumsal hedeflere ulaşma yeteneğini güçlendirmektedir.

Porter (1980), organizasyonların sektörel dinamiklere göre rekabet stratejileri geliştirmesi gerektiğini savunur. Türkiye'de özellikle tekstil ve otomotiv sektörlerinde rekabet avantajı sağlamak için değer zinciri analizi kullanılmaktadır. Örneğin, Türkiye'nin Avrupa pazarına hızlı teslimat avantajı sağlaması, stratejik yönetimde Porter'ın teorilerinin uygulanabilirliğini göstermektedir (TÜİK, 2023).

John Kotter (1996) tarafından önerilen sekiz aşamalı değişim yönetimi modeli, organizasyonların çevresel ve toplumsal dönüşümlere nasıl adapte olabileceklerini detaylandırır. Türkiye'de pandemi sonrası dijitalleşme süreçleri bu modelin önemini ortaya koymuştur. Deloitte (2023) İnsan Kaynakları Trendleri Raporu, dijital dönüşüme adapte olan işletmelerin verimliliklerini %45 oranında artırdığını belirtmektedir.

BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (UN, 2015), stratejik yönetim süreçlerinde sürdürülebilirliğin önemini vurgulamaktadır. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarını artırarak bu hedeflere uyum sağlamaktadır. Örneğin, Türkiye'de rüzgar ve güneş enerjisi projeleri, enerji sektöründeki sürdürülebilir dönüşümün bir parçasıdır (IEA, 2023).

3. ANALİZ

Uygulamalı bilimler alanında faaliyet gösteren işletmelerin çevresel ve toplumsal dönüşümler karşısında nasıl stratejik yaklaşımlar benimsediği incelenmiştir. Yapılan analizler, sürdürülebilirlik stratejilerinin işletmelerin rekabet avantajını artırmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, toplumsal sorumluluk projelerinin marka değerini yükselttiği ve müşteri sadakatini güçlendirdiği belirlenmiştir. Çevresel yönetim uygulamaları ise, işletmelerin yasal düzenlemelere uyum sağlamasını ve kaynak verimliliğini artırmasını sağlamaktadır. Dijitalleşme, işletmelerin operasyonel verimliliği artırırken müşteri deneyimlerini iyileştirmesi açısından stratejik yönetimde belirleyici bir faktör olmuştur. Türkiye'de 2023 itibarıyla e-ticaret hacmi %30 artış göstererek 580 milyar TL'ye ulaşmıştır (TÜİK, 2023). Bu büyüme, dijital dönüşüm projelerine yatırım yapan işletmelerin, stratejik yönetim süreçlerinde rekabet avantajı elde ettiğini göstermektedir. Ancak, KOBİ'lerin yalnızca %28'inin dijitalleşme projelerine yatırım yaptığı belirtilmektedir (Deloitte, 2023).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretimindeki artış, sürdürülebilirlik odaklı stratejilerin ekonomik büyümeye katkısını gözler önüne sermektedir. 2023 itibarıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payı %54'e ulaşmıştır (IEA, 2023). Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi projeleri, enerji maliyetlerini düşürerek sanayi sektöründe önemli avantajlar sağlamıştır. Ancak, enerji yoğun sektörlerde karbon emisyonlarının azalması beklenirken, aksine artış gösterdiği görülmektedir.

Türkiye, 4 milyonun üzerindeki mülteci nüfusuyla toplumsal dönüşümün yoğun olarak yaşandığı bir ülke konumundadır. Bu durum, iş gücü piyasasında yeni fırsatlar yaratırken aynı zamanda entegrasyon zorluklarını da beraberinde getirmiştir. Çalışan çeşitliliğini artıran işletmelerin, inovasyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kapasitelerini %35 oranında yükselttiği belirlenmiştir (UNESCO, 2023). Ancak, bu fırsatların etkin değerlendirilebilmesi için daha kapsayıcı iş gücü politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye, küresel ekonomik dalgalanmalar karşısında dirençli stratejiler geliştirmek zorundadır. IMF'nin 2023 raporuna göre, küresel ekonomik büyüme oranı %2,9'a gerilerken, Türkiye'nin büyüme oranı %4 civarında kalmıştır. Bu durum, ihracat odaklı stratejilerin önemini ortaya koymaktadır. Ancak, iç piyasaya bağımlı sektörlerin döviz dalgalanmalarından olumsuz etkilendiği ve stratejik esneklik geliştirme gerekliliği açıkça görülmektedir.

Sosyal sorumluluk projelerine yatırım yapan işletmelerin toplum nezdindeki güvenilirliklerinin %68 oranında arttığı tespit edilmiştir (Edelman Trust Barometer, 2023). Türkiye'de Sabancı Holding'in "Sıfır Atık Projesi", sosyal sorumluluk stratejilerinin başarılı bir örneği olarak öne çıkmaktadır. Ancak, KOBİ'lerin yalnızca %12'sinin aktif olarak sosyal sorumluluk projelerinde yer aldığı belirtilmiştir. Bu durum, toplumsal fayda ve rekabet avantajını artırmak için daha geniş kapsamlı uygulamaların gerekliliğini göstermektedir..

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Stratejik yönetim, uygulamalı bilimlerde çevresel ve toplumsal dönüşümlerin etkin bir şekilde yönetilmesi için vazgeçilmez bir araçtır. İşletmelerin, sürdürülebilirlik odaklı stratejiler geliştirerek hem çevresel hem de toplumsal sorumluluklarını yerine getirmeleri, uzun vadeli başarının anahtarıdır. Etkili liderlik ve kuramsal çerçevelerin doğru kullanımı, bu stratejilerin başarılı bir şekilde uygulanmasını desteklemektedir. Dijital dönüşüm projelerine yatırım yapan işletmelerin operasyonel verimliliği ve müşteri memnuniyeti artırdığı gözlemlenmiştir. Deloitte'un (2023) raporuna göre, dijitalleşen işletmelerin finansal performanslarında %45'e varan artışlar kaydedilmiştir. Ancak, Türkiye'de KOBİ'lerin yalnızca %28'inin bu dönüşüme yatırım yaptığı, dijitalleşme süreçlerinde ciddi bir eşitsizlik olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji projeleri, Türkiye'de ekonomik büyümeye önemli katkılar sağlamaktadır. IEA'nın (2023) raporuna göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payı %54'e ulaşmıştır. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi projeleri, sanayide enerji maliyetlerini düşürerek rekabet avantajı sağlamaktadır.

Türkiye'de 4 milyonun üzerinde mülteci nüfusu, iş gücü piyasasında çeşitlilik yaratmıştır. UNESCO (2023), çok kültürlü ekiplerin inovasyon kapasitesini %35 oranında artırdığını belirtmektedir. Ancak, mültecilerin iş gücüne entegrasyon süreçlerinde yaşanan zorluklar, işletmelerin bu fırsatı tam anlamıyla değerlendirememesine yol açmaktadır.

Türkiye, küresel ekonomik dalgalanmalara karşı ihracat odaklı stratejiler geliştirmektedir. IMF (2023) raporuna göre, Türkiye'nin ihracat oranında %12'lik bir artış kaydedilmiştir. Ancak, iç piyasaya

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bağımlı sektörlerin döviz dalgalanmalarından daha fazla etkilendiği ve krizlere karşı hazırlıksız olduğu görülmektedir.

Sosyal sorumluluk projeleri, şirketlerin toplum nezdinde güvenilirliklerini artırmaktadır. Edelman Trust Barometer (2023), sosyal sorumluluk projelerine yatırım yapan şirketlerin toplum nezdindeki güven oranlarının %68 daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, KOBİ'lerin yalnızca %12'si aktif olarak sosyal sorumluluk projelerinde yer almaktadır.

Dijital dönüşüm, işletmelerin rekabet avantajını sürdürülebilir kılmada kritik bir rol oynamaktadır. Türkiye'de KOBİ'lerin dijitalleşme oranlarının artırılması için devlet destekleri ve eğitim programlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Özellikle kırsal bölgelerdeki işletmelere yönelik teşvikler, bu eşitsizliğin azaltılmasında etkili olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretimdeki payının artırılması olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Ancak, sanayi sektörlerinde sürdürülebilir üretim uygulamalarının benimsenme oranı hala düşüktür. Özellikle enerji yoğun sektörlerde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik politikaların daha etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Göç dinamiklerinin iş gücü piyasasına olumlu etkileri göz önüne alındığında, işletmelerin daha kapsayıcı politikalar geliştirmesi gerekmektedir. Bu durum, yalnızca ekonomik fayda sağlamakla kalmayıp, toplumsal uyumu artıracak stratejilerin geliştirilmesini de gerekli kılmaktadır.

Küresel ekonomik dalgalanmalar, işletmelerin daha esnek ve uyarlanabilir stratejiler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de risk yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi ve kriz senaryolarına dayalı stratejik planlamaların yaygınlaştırılması, işletmelerin dayanıklılığını artıracaktır.

KOBİ'lerde sosyal sorumluluk bilincinin artırılması, işletmelerin topluma olan katkılarını ve marka değerlerini güçlendirecektir. Bu alanda, büyük ölçekli şirketlerin örnek uygulamaları temel alınarak, daha küçük işletmelere yönelik rehberlik ve teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır..

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Araştırmalar, çevresel ve toplumsal stratejilerin işletmelerin rekabet gücünü artırdığını ve sürdürülebilir büyümeyi desteklediğini ortaya koymaktadır. Özellikle, yenilikçi çevresel çözümler geliştiren işletmelerin maliyet avantajı sağladığı ve pazar paylarını genişlettiği görülmüştür. Toplumsal sorumluluk projelerine yatırım yapan işletmeler ise, toplum nezdinde pozitif bir imaj oluşturarak müşteri ve paydaş güvenini kazanmaktadır. Stratejik yönetimin çevresel ve toplumsal boyutları, işletmelerin uzun vadeli başarısını etkileyen kritik faktörlerdir. Bu bağlamda, işletmelerin stratejik planlama süreçlerinde sürdürülebilirlik kriterlerini ön planda tutmaları gerekmektedir. Ancak, bu stratejilerin başarılı olabilmesi için organizasyon içi dirençlerin aşılması ve tüm paydaşların sürece dahil edilmesi önemlidir. Ayrıca, çevresel ve toplumsal dönüşümlerin hızla değiştiği göz önüne alındığında, stratejik yönetim süreçlerinin esnek ve adaptif olması gerekmektedir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Stratejik yönetim süreçlerinin sürdürülebilirlik ilkeleri ile bütünleştirilmesi, uzun vadeli rekabet avantajı sağlamak için kritik bir gerekliliktir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji projelerindeki artış ve sürdürülebilir üretim uygulamaları, bu entegrasyonun olumlu sonuçlarını göstermektedir. Ancak, enerji yoğun sektörlerde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik çabaların daha etkin hale getirilmesi gerekmektedir.

Dijital dönüşüm, işletmelerin verimliliklerini artırırken aynı zamanda müşteri beklentilerini karşılamalarını sağlamaktadır. Türkiye'de dijitalleşme oranları büyük ölçekli işletmelerde yükselirken, KOBİ'lerin bu alanda geri kalması dikkat çekicidir. Bu durum, dijitalleşmeye yönelik teşvik mekanizmalarının geliştirilmesini ve daha kapsayıcı politikaların benimsenmesini gerektirmektedir. Türkiye, göç dinamiklerinden kaynaklanan toplumsal dönüşüm süreçlerini etkin bir şekilde yönetmek zorundadır. İş gücü piyasasındaki çeşitlilik, işletmeler için fırsatlar sunarken aynı zamanda entegrasyon zorluklarını da beraberinde getirmektedir. Kapsayıcı iş gücü politikaları, hem ekonomik fayda sağlamakta hem de toplumsal uyumun artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

Küresel ekonomik dalgalanmalar, işletmelerin stratejik yönetim süreçlerinde esneklik ve adaptasyon yeteneğini artırmalarını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'nin ihracat odaklı büyüme stratejileri olumlu sonuçlar verirken, iç piyasaya bağımlı sektörlerin krizlere karşı daha savunmasız olduğu görülmektedir. Sosyal sorumluluk projeleri, işletmelerin toplum nezdinde itibarlarını artırmalarına olanak tanımaktadır. Ancak, Türkiye'de KOBİ'lerin bu tür projelere katılım oranının düşük olması, toplumsal katkıyı sınırlamaktadır. Büyük ölçekli şirketlerin iyi uygulama örnekleri, bu açığı kapatmada rehber olarak kullanılabilir.

Türkiye'nin enerji sektöründeki yenilenebilir kaynaklara dayalı yatırımları, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Ancak, sanayi sektörlerinde sürdürülebilir üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması, uzun vadeli ekonomik ve çevresel faydalar için kaçınılmazdır. KOBİ'lerin dijitalleşme süreçlerine katılımını artırmak için teşviklerin ve teknik desteğin artırılması gerekmektedir. Dijital araçların kullanımı, işletmelerin yalnızca maliyetlerini düşürmekle kalmayıp, küresel pazarlarda rekabet edebilirliklerini de artıracaktır.

Mülteci nüfusunun iş gücü piyasasına entegrasyonu, yalnızca ekonomik bir ihtiyaç değil, aynı zamanda toplumsal uyumun sağlanması için stratejik bir gerekliliktir. İşletmelerin bu konuda daha fazla sorumluluk alması, Türkiye'nin sosyal kalkınma hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır. Küresel ekonomik ve çevresel krizlere karşı işletmelerin daha dayanıklı hale gelmesi için risk yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Kriz senaryolarına dayalı stratejik planlama, işletmelerin beklenmeyen durumlara karşı hazırlıklı olmalarını sağlayacaktır. Sosyal sorumluluk projelerine yatırım yapan işletmeler, topluma katkı sağlarken aynı zamanda marka değerlerini de artırmaktadır. Bu tür stratejilerin yaygınlaştırılması, hem ekonomik hem de sosyal açıdan olumlu sonuçlar doğuracaktır..

KAYNAKÇA

1. Barney, J., *Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, Journal of Management*, Vol. 17, No. 1, 1991, pp. 99–120.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2. Deloitte, *2023 İnsan Kaynakları Trendleri Raporu*, Deloitte Insights, İstanbul, 2023.

3. Edelman Trust Barometer, *Global Report 2023*, Edelman, Chicago, 2023.

4. International Energy Agency (IEA), *Renewable Energy Market Update 2023*, IEA Publications, Paris, 2023.

5. IMF, *Küresel Ekonomik Görünüm Raporu*, IMF Publications, Washington, 2023.

6. Katz, D., & Kahn, R.L., *The Social Psychology of Organizations*, Wiley, New York, 1978.

7. Kotter, J.P., *Leading Change*, Harvard Business School Press, Boston, 1996.

8. Porter, M.E., *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, Free Press, New York, 1980.

9. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), *Türkiye'nin Ekonomik ve Sosyal Göstergeleri Raporu*, Ankara, 2023.

10. UNESCO, *Kültürel Çeşitlilik Raporu*, UNESCO Yayınları, Paris, 2023.

11. United Nations (UN), *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, UN Publications, New York, 2015.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KÜRESEL REKABETTE UYGULAMALI BİLİMLER: STRATEJİK YÖNETİM PERSPEKTİFİNDEN BİR ANALİZ

Doç. Dr. Demet DÖNMEZ

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü

demetdonmez@osmaniye.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-5833-9088

ÖZET

Bu çalışma, küresel rekabet bağlamında uygulamalı bilimlerin stratejik yönetim perspektifinden nasıl ele alınabileceğini incelemektedir. Çalışmada, uygulamalı bilimlerin inovasyon, teknoloji geliştirme ve sürdürülebilir kalkınma süreçlerindeki rolü değerlendirilmekte; stratejik yönetim yaklaşımlarının bu alanlardaki etkisi vurgulanmaktadır. Küresel rekabet ortamında, stratejik planlama ve yönetimin bilimsel araştırmalara yön verme, kaynakları etkin kullanma ve yenilikçi çözümler üretmedeki önemi tartışılmaktadır. Bildiri, uygulamalı bilimler ve stratejik yönetim arasındaki sinerjinin, ülkelerin ve kurumların rekabet gücünü artırmada nasıl bir araç olabileceğine dair kapsamlı bir analiz sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel rekabet, stratejik yönetim, uygulamalı bilimler, inovasyon, sürdürülebilir kalkınma

(Applied Sciences in Global Competition: An Analysis from a Strategic Management Perspective)

ABSTRACT

This paper examines how applied sciences can be approached from a strategic management perspective in the context of global competition. The study evaluates the role of applied sciences in innovation, technology development, and sustainable development processes, emphasizing the impact of strategic management approaches in these areas. In the competitive global environment, the importance of strategic planning and management in guiding scientific research, utilizing resources efficiently, and producing innovative solutions is discussed. The paper provides a comprehensive analysis of how the synergy between applied sciences and strategic management can serve as a tool to enhance the competitiveness of nations and institutions.

Keywords: Global competition, strategic management, applied sciences, innovation, sustainable development

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Günümüzün Küresel rekabet, teknolojik ilerlemeler, pazar çeşitliliği ve ekonomik entegrasyonun hızlanmasıyla sürekli bir evrim geçirmektedir. Günümüzde, ülkeler arası ekonomik rekabet, sadece üretim ve ticaret hacmi ile değil, aynı zamanda yenilikçi teknolojilerin benimsenmesi ve stratejik kaynak yönetimi ile ölçülmektedir. Bu rekabet ortamı, ülkelerin küresel piyasalarda etkin bir rol oynaması için stratejik adımlar atmasını zorunlu kılmaktadır. 2023 yılı itibariyle dünya ekonomisinin büyük bir bölümü, ticaret hacmini artıran ülkeler tarafından domine edilmektedir. Türkiye, bu noktada özellikle ihracat potansiyeli ve stratejik coğrafi konumu ile dikkat çekmektedir. Genç ve dinamik nüfusu, inovasyon kabiliyeti ve ticaret ağlarına olan erişim kolaylığı, Türkiye'nin rekabet avantajı sağlama potansiyelini artırmaktadır. Ancak, küresel rekabette etkili olabilmek için yalnızca ekonomik büyüklük yeterli olmamaktadır.

Teknolojik altyapı, dijital dönüşüm ve sürekli gelişimi destekleyen stratejik planlama, ülkelerin uzun vadeli başarısında belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, stratejik yönetim yaklaşımları ve uygulamalı bilimlerin bu bağlamdaki katkıları giderek daha önemli hale gelmektedir. Küresel pazar şartları, hızlı bir şekilde değişmekte ve bu durum, şirketlerden devletlere kadar her türlü ekonomik aktörü yeni stratejiler geliştirmeye zorlamaktadır. Bu şartlarda, Türkiye gibi gelişen ekonomilerin rekabetçi avantaj elde etmesi için, özellikle Ar-Ge yatırımları, üniversite-sanayi işbirlikleri ve yenilikçi iş modellerine odaklanması gerekmektedir. Bu çalışma, küresel rekabetin dinamiklerini, stratejik yönetimin teorik çerçevesini ve Türkiye'nin bu alanda sahip olduğu potansiyeli ayrıntılı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Özellikle, teknolojik yenilikler, uygulamalı bilimler ve stratejik yönetimin önemli birleşenleri olarak öne çıkan alanlara odaklanılmıştır. Bu bağlamda, hem teorik hem de uygulamalı bir yaklaşım benimsenerek, Türkiye'nin küresel rekabetteki yerini daha iyi anlamaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, bu makale hem akademik hem de uygulamalı perspektiflerden faydalanarak, Türkiye'nin küresel rekabet ortamındaki stratejik avantajlarını ve zorluklarını ele alacaktır. Bu çerçeve, gelecek dönemlerde atılması gereken adımları belirlemek için rehber niteliği taşıyacaktır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Küresel rekabet ortamında stratejik yönetim, uzun vadeli hedeflere ulaşmak için kaynakları etkili bir şekilde kullanma becerisini ifade eder. Bu yaklaşım, hem kamu hem de özel sektörde önemli bir yer tutmakta ve şirketlerin ya da ülkelerin rekabet avantajı sağlamasında temel bir rol oynamaktadır. Stratejik yönetimin temel prensipleri, kaynak tabanlı görüş, dışsal çevre analizleri ve değişken pazar dinamiklerine uyum yeteneği gibi öğelerden oluşmaktadır. Porter'ın Beş Kuvvet Modeli, stratejik yönetim yaklaşımında önemli bir yer tutar. Bu model, bir endüstrideki rekabet baskısını değerlendirmek için kullanılır ve şirketlerin, mevcut çevre şartlarına uygun stratejiler geliştirmesine yardımcı olur (Coşkun, 2014).

Türkiye'de bu model, özellikle otomotiv, tekstil ve teknoloji gibi önemli sektörlerde başarıyla uygulanmıştır. Kuramsal çerçeve, ayrıca uygulamalı bilimlerin önemi ve stratejik yönetimle entegrasyonu üzerine de odaklanır. Uygulamalı bilimler, teorik bilgilerin gerçek dünya uygulamalarına dönüştürülmesini sağlar ve bu, şirketlerin inovasyon kapasitelerini artırması için kritik bir rol oynar.

Türkiye, son yıllarda bu alanda önemli adımlar atarak Ar-Ge harcamalarını artırmış ve üniversite-sanayi işbirliğini güçlendirmiştir. Bu gelişmeler, hem ülkenin küresel pazarlardaki rekabet gücünü artırmakta hem de yenilikçi çözümler sunmaktadır. Dijital dönüşüm, şirketlerin iş süreçlerini iyileştirmesine, verimliliği artırmasına ve müşteri deneyimini optimize etmesine yardımcı olur. Bu şartlar altında, stratejik yönetim, sadece planlama değil, aynı zamanda uygulama ve değişime hızlı uyum sağlama becerisini de gerektirir. Son olarak, sahadaki çalışmalar; ülkelerin küresel rekabette başarılı olması için siyasi ve ekonomik istikrarın önemine de dikkat çeker. Türkiye'nin bu alandaki başarısı, yalnızca ekonomik reformlarla değil, aynı zamanda uluslararası ortaklıklar ve ticaret anlaşmaları ile de desteklenmelidir. Stratejik yönetimin bu çok boyutlu yapısı, Türkiye gibi gelişen ülkeler için hem bir fırsat hem de bir meydan okuma sunmaktadır (Başer ve Uslu, 2023).

3. ANALİZ

Uygulamalı bilimler Küresel rekabetin dinamiklerini anlamak için detaylı bir analiz süreci gereklidir. Bu bağlamda, ilk olarak, Türkiye'nin mevcut durumunun SWOT analizi yapılmalıdır. Türkiye'nin güçlü yönleri arasında genç ve dinamik nüfusu, stratejik coğrafi konumu ve hızla gelişen teknoloji altyapısı sayılabilir. Zayıf yönleri ise ekonomik dalgalanmalar, yüksek cari açık ve inovasyon ekosistemindeki eksikliklerdir.

Fırsatlar arasında, dijital dönüşümün hız kazanması, yenilenebilir enerji yatırımları ve uluslararası ticaret anlaşmaları bulunmaktadır. Tehditler ise jeopolitik riskler, küresel ekonomik belirsizlikler ve rekabetin yoğunlaşmasıdır. Bu unsurlar, Türkiye'nin stratejik yönetim süreçlerini şekillendirmek için önemli bir temel oluşturur (Karaçelik, 2021). Bir diğer analiz yöntemi ise Porter'ın Beş Kuvvet Modeli'nin Türkiye bağlamında uygulanmasıdır. Bu model, endüstrideki rekabetin yoğunluğunu belirlemek için beş temel faktöre odaklanır: yeni giriş tehditleri, alıcıların pazarlık gücü, tedarikçilerin pazarlık gücü, ikame ürünlerin tehdidi ve mevcut rakiplerin rekabet durumu. Türkiye'nin otomotiv sektöründe bu modelin uygulanması, tedarikçi gücünün yüksek olduğunu ve ikame ürünlerin düşük tehdit oluşturduğunu göstermiştir (Coşkun, 2014).

Türkiye'nin dijital dönüşüm yatırımları da analizin önemli bir parçasıdır. 2023 yılında, dijital altyapıya yapılan yatırımların toplamı 50 milyar doları aşmıştır. Bu yatırımlar, operasyonel verimlilik artışı ve müşteri memnuniyetindeki iyileşmelerle doğrudan ilişkilidir. Örneğin, Türkiye'de dijital dönüşüm projelerine katılan şirketlerin %80'i, maliyetlerini düşürmeyi başarmış ve %65'i müşteri sadakatini artırmıştır (Yücel, 2023).

Analiz sürecinde dikkate alınması gereken bir diğer konu ise sürdürülebilirlik ve yeşil teknolojilerdir. Türkiye, 2023 yılında yenilenebilir enerji yatırımlarını %18 oranında artırmıştır. Bu gelişme, hem enerji bağımsızlığı sağlama hem de karbon emisyonlarını azaltma çabalarının bir parçasıdır. Ancak, Türkiye'nin bu alanda Avrupa Birliği ülkeleri ile kıyaslandığında hala önemli bir mesafe kat etmesi gerekmektedir. Son olarak, veri analitiği ve büyük veri teknolojilerinin stratejik yönetimdeki rolü incelenmelidir. Türkiye'de 2023 yılında veri analitiği uygulamalarına yapılan yatırımlar %30 oranında artmıştır. Bu artış, finans ve perakende sektörlerinde müşteri davranışlarını anlamada ve pazar trendlerini öngörmede önemli bir avantaj sağlamıştır. Stratejik karar alma süreçlerinde büyük veri

kullanımının artması, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artıran unsurlardan biridir (Başer ve Uslu, 2023).

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, analiz sürecinde elde edilen bulgular değerlendirilerek, Türkiye'nin küresel rekabetteki konumu ve geleceğe yönelik stratejileri ele alınacaktır. İlk bulgu, Türkiye'nin genç ve dinamik nüfusu sayesinde yenilikçi sektörlerde hızlı bir büyüme potansiyeli taşıdığıdır. Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için eğitim sisteminin dijital çağın gerekliliklerine uygun olarak yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

İkinci olarak, dijital dönüşüm yatırımları ve büyük veri analitiği uygulamalarının artırılması, Türkiye'nin rekabet avantajını güçlendirmektedir. Veriler, dijital altyapıya yatırım yapan şirketlerin hem maliyetlerini azalttığını hem de müşteri sadakatini artırdığını göstermektedir. Ancak, bu yatırımların sürdürülebilir bir şekilde devam ettirilmesi için devlet teşviklerinin artırılması önerilmektedir.

Üçüncü olarak, Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki ilerlemeleri umut vericidir. 2023 yılında yapılan yatırımlar, enerji bağımsızlığı sağlama yolunda önemli bir adım olarak değerlendirilmiştir. Ancak, bu alandaki yatırımların Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırıldığında daha düşük seviyede olduğu göz önüne alındığında, daha agresif bir yatırım stratejisi benimsenmelidir (Boz ve İrmiş, 2023).

Bir diğer önemli bulgu, Türkiye'nin stratejik coğrafi konumunun uluslararası ticaret ve lojistik ağları için benzersiz bir avantaj sunduğudur. Özellikle Asya ve Avrupa pazarları arasında bir köprü görevi gören Türkiye, bu avantajını daha etkili bir şekilde kullanmak için lojistik altyapısını güçlendirmelidir (Başer ve Uslu, 2023).

Bunun yanı sıra, eğitim ve Ar-Ge harcamalarının artırılması, inovasyon kapasitesinin artırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Verilere göre, Ar-Ge harcamaları, Türkiye'nin GSYİH'sinin yalnızca %1,5'ini oluşturmaktadır. Bu oran, Güney Kore (%4) ve Almanya (%3) gibi ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Ar-Ge harcamalarının artırılması, yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Bilgiç ve Göktaş, 2024).

Son olarak, Türkiye'nin küresel rekabette başarılı olabilmesi için sürdürülebilirlik stratejilerini önceliklendirmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir ürünlere olan talebin dünya genelinde %25, Türkiye'de ise %30 oranında arttığı göz önüne alındığında, bu alandaki yatırımların artırılması elzemdir. Özellikle karbon ayak izini azaltmaya yönelik projeler, Türkiye'nin uluslararası arenadaki itibarını güçlendirecektir (Başer ve Uslu, 2023). Bulguların genel değerlendirilmesi, Türkiye'nin güçlü yönlerini ön plana çıkararak zayıf yönlerini minimize etmeye yönelik stratejiler geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, özel sektör ve kamu işbirliklerinin artırılması, kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Küresel rekabet ortamında başarılı olabilmek, çok boyutlu ve bütünsel bir yaklaşımla mümkündür. Türkiye, genç nüfusu, stratejik coğrafi konumu ve gelişmekte olan teknoloji altyapısı ile büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelin gerçekleştirilmesi, sadece mevcut kaynakların etkin kullanımını değil, aynı zamanda geleceğe yönelik stratejik planlamayı da gerektirmektedir.

Yapılan analizler ve elde edilen bulgular, Türkiye'nin dijital dönüşüm ve yenilenebilir enerji gibi kritik alanlarda önemli ilerlemeler kaydettiğini göstermektedir. Ancak, bu başarıların sürdürülebilir kılınması için Ar-Ge harcamalarının artırılması, eğitim sisteminin yenilikçi bir yapıya kavuşturulması ve lojistik altyapının güçlendirilmesi gibi konularda daha fazla çaba sarf edilmelidir.

Türkiye'nin küresel rekabette avantaj sağlayabilmesi için özel sektör ve kamu arasındaki işbirliğinin artırılması gerekmektedir. Bu işbirlikleri, kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanırken, aynı zamanda uluslararası ticaret ağlarına entegrasyonu da kolaylaştıracaktır. Özellikle dijital dönüşüm projelerinde devlet teşviklerinin artırılması, Türkiye'nin küresel pazarlarda daha güçlü bir oyuncu haline gelmesini sağlayacaktır.

Ayrıca, sürdürülebilirlik ve yeşil teknolojiler konusundaki yatırımların artırılması, Türkiye'nin uluslararası arenada çevre dostu politikaları benimseyen bir ülke olarak tanınmasını sağlayacaktır. Karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik projeler, hem yerel hem de uluslararası düzeyde olumlu bir imaj yaratacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin küresel rekabet ortamında sürdürülebilir bir başarı elde edebilmesi için uzun vadeli stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu stratejiler, ekonomik, teknolojik ve çevresel boyutları kapsamalı ve bütüncül bir yaklaşımı benimsemelidir. Türkiye'nin genç ve dinamik iş gücü, bu dönüşüm sürecinde en büyük avantajlarından biri olacaktır. Eğitim sisteminin modernizasyonu, inovasyon kapasitesinin artırılması ve uluslararası işbirliklerinin güçlendirilmesi, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artıracak temel unsurlardır (Başer ve Uslu, 2023).

Bu çalışmada elde edilen bulgular ve öneriler, Türkiye'nin gelecekteki stratejik hedeflerini belirlerken rehberlik edecektir. Türkiye'nin ekonomik ve teknolojik dönüşümünü desteklemek, yalnızca ulusal değil, aynı zamanda küresel ölçekte de sürdürülebilir bir büyüme sağlamasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

a. Başer, S., & Uslu, T., Yeşil Ekonomi Ve Eko-İnovasyon Yaklaşımının Rekreasyon Ve Spor Yönetimi Perspektifinden Akıllı Sporlara Uyarlanması: Formula E Örneği, *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, Vol. 3, No. 1, 2023, pp. 70–94.
b. Bilgiç, Ö. E., & Göktaş, P., Dijital Girişimciliğin Yetkinlik Ve Becerileri Üzerine Nitel Bir Araştırma: Start-Up Okulu Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, No. 49, 2024, pp. 227–265.
c. Boz, N., & İrmiş, A., Rekabet Stratejilerinin Kriz Yönetim Becerilerine Etkisi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, Vol. 15, No. 1, 2023, pp. 452–469.
d. Coşkun B. M. Porter'ın 5 kuvvet modeline göre sağlık hizmetleri sektörünün rekabet analizi. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*. 2014;7(1):43-60.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

e. Gürkan, C., Maliye Teorisinde Klasikten Neoklasiğe Geçiş: Yönetimsellik Perspektifinden Bir Analiz, *Ankara Üniversitesi Sbf Dergisi*, Vol. 75, No. 2, 2020, pp. 607–636.
f. Karaçelik, H. E., Örgütlerde Stratejik Yönetim Sürecinin Kaos Teorisi Üzerinden Değerlendirilmesi: Yöneticiler Üzerinden Bir Araştırma, *Master's Thesis*, Necmettin Erbakan University, 2021.
g. Yücel, S. H., İş Analitiği Ve Yönetim Muhasebesinin Entegrasyonu, *Doctoral Dissertation*, Bursa Uludağ University, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bacillus subtilis'in *yhdP* VE *ykkD* NAKAVT MUTANTLARI KOBALT METALİNE KARŞI DİRENÇLİDİR

[1]Çisem YILMAZ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye cisemyilmaz@posta.mu.edu.tr, ORCID: 0009-0004-1380-8161

[2]Dr.Anara BABAYEVA
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye anara.babazade@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6797-3366

[3]Tuğçe KELHASANOĞLU
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye tugcekelhasanoglu@posta.mu.edu.tr, ORCID: 0009-0009-3044-1273

[4]Dr.Ögr.Üyesi Esra DİBEK
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, Muğla, Türkiye esradibek@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8110-5466

[5]Doç.Dr.Bekir ÇÖL Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, bekircol@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8997-4116

ÖZET

Birçok metal belli konsantrasyonlarda, biyolojik süreçler ve organizmalar için gereklidir, ancak çok miktarda toksik etki göstermektedir. Mikroorganizmalar, çevrelerinde bulunan metalleri hücre içerisine almak veya dışına atmak için birçok moleküler mekanizmaya sahiptir. Hücre içi metal homeostazını daha detaylı anlamak için, bu moleküler mekanizmalarda görev alan genleri ve bunlarla ilgili çeşitli hücresel yanıt süreçlerini belirlemek gerekmektedir. *Bacillus subtilis*, gram pozitif bir toprak bakterisidir ve çeşitli çevresel koşullara uyum sağlama yeteneği ile dikkat çekmektedir. Bakır, kurşun, kadmiyum gibi ağır metallere karşı göreceli olarak dayanıklı bir mikroorganizmadır. Ağır metal kirliliği olan ortamlarda bazı moleküler mekanizmaları kullanarak metallere karşı direnç gösterebilmektedir. Dolayısıyla bakteri hücresi ile metal toksisitesi veya gerekliliği ile ilgili gen odaklı çalışmalar yapmak için uygun bir model organizmadır. *Bacillus subtilis*'te kobalt toksisitesinin mekanizması hakkındaki bilgiler yetersiz olup, bu alanda ek çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, *Bacillus subtilis*'te kobalt stresi ile ilgili olan genler hakkında bilgi edinmek için *Bacillus subtilis*'e ait tek gen delesyonları içeren, BKE mutant hattı kullanılmıştır. BKE koleksiyonundan 96 mutant içeren bir plaka seçilmiş ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

artan konsantrasyonlarda kobalt klorür ($CoCl_2.6H_2O$) bileşiğine maruz bırakılarak, dirençli mutant suşlar araştırılmıştır. Analiz sonucunda yabanıl tip suşa kıyasla, Δ*yhdP* ve Δ*ykkD* mutant suşlarının daha yüksek kobalt konsantrasyonu içeren besi yerlerinde yaşadığı görülmüştür. Ayrıca spot testleri ile de bu mutant suşların dirençlilik seviyeleri belirlenmiştir. YhdP(MpfA) proteininin, bir magnezyum effluks pompasını kodladığı bilinmektedir ve literatürde *yhdP* geninin yüksek Mg(II) ile indüklendiği ve Δ*yhdP* mutant suşunda kobalt stresine karşı hücresel cevapta değişiklik olduğu belirtilmiştir. YkkD proteini ise putatif guanidin eksport proteinini kodlamaktadır ve kobalt direnci ile ilişkisi bu çalışmada ilk kez önerilmiştir. Magnezyum effluksı ve guanidin eksportu ile kobalt direnci arasındaki ilişki literatür eşliğinde yorumlanarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, kobalt direnci, *Bacillus subtilis*, YhdP, YkkD

GİRİŞ

Kobalt, nikel, bakır, çinko, kadmiyum gibi metaller toprakta ve sularda bulunmakta olup bu alanlarda yaşayan organizmalar için hayati öneme sahiptir. Çevrede bulunan çeşitli organizmaların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olmasının yanı sıra yüksek konsantrasyonlarda organizma için toksik hale gelebilmektedir. Mikroorganizmalar çevrede bulunan metalleri hücre içine almak ve hücre dışına atmak için çeşitli hücresel mekanizma geliştirmişlerdir. Aynı şekilde hücre içi ağır metal homeostazını sağlamak için adaptif yanıt sistemleri mevcuttur. Hücre içi metal düzeylerini takip ederek ağır metallerin hücre içi birikimini ve yetersizliğini engellemektedirler (1). Mikroorganizmaların geliştirmiş olduğu sistemler sayesinde *Bacillus subtilis* gibi bakteriler çevresel streslere karşı göreceli olarak daha dayanıklı hale gelmişlerdir. *Bacillus subtilis* gram pozitif bir toprak bakterisi olup çinko, demir, bakır gibi birçok metal varlığında büyüyebildiği tespit edilmiştir (2). Bilim insanları bu organizmayı 100 yıldır çeşitli ekolojik çalışmalarda incelemektedir. Çeşitli stres koşullarına karşı göstermiş olduğu direnç özelliği sayesinde, mikroorganizmaların çevresel değişimlere nasıl uyum sağladığını anlamak için uygun bir model organizmadır (3).

Toprakta ve sularda bulunan metallerden biri de kobalttır. Kobalt doğada bir çok farklı kimyasal formda bulunur ve çoğunlukla Co(II) ve Co(III) olarak bulunmaktadır. Bakterilerde bitkilerde ve hayvanlarda hayati bir enzim kofaktörü olarak görev almaktadır. B12 vitaminin biyolojik aktivitesini gerçekleştirmesi için gerekli olan yapısal bir bileşendir. Kobalt toprakta eser miktarda bulunmaktadır, ancak çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucu birikimi söz konusu olmaktadır. Bu durum çevrede bulunan canlı organizmalarda toksik bir etki yaratmaktadır. Kobalt toksisitesi ile ilgili hücresel mekanizmalar hakkında hala az şey bilinmektedir. Araştırmacılar kobaltın birkaç özelliği nedeniyle hücreleri olumsuz yönde etkileyeceğini öne sürmüşlerdir. Sülfür atomlarına olan kimyasal afinitesi, redoks özellikleri, diğer önemli metallere bağlanıp metal homeostazını bozma gibi özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Fakat bu olumsuz etkilerin in vivo olarak ortaya çıkıp çıkmadığı henüz kanıtlanmamıştır (4).

BKE mutant hattı, *Bacillus subtilis'*te her bir genin fonksiyonunu belirlemek için geliştirilmiş bir knockout kütüphanesidir. *Bacillus subtilis'*te bulunan her bir non-esansiyel gen, homolog rekombinasyon yolu ile delesyona uğratılarak toplam 4000'e yakın mutant suş elde edilmiştir ve

bunların hepsine birden BKE mutant hattı ismi verilmiştir. Her bir mutant suşta çıkarılan gen yerine bir eritromisin direnç geni eklenmiştir (6). BKE mutant hattı, *Bacillus subtilis*'te çevresel stres koşullarında hangi genlerin nasıl bir rol oynadığını belirlemek için kullanılabilmektedir.

Bacillus subtilis bakterisinde hücre içi metal homeostazını sağlayabilmek için çeşitli sistemler mevcuttur. Hücre içi metal homeostazı, sitozoldeki metal seviyesini algılayan ve ilgili genlerin transkripsiyonunu düzenleyen metalloregülatör proteinler tarafından kontrol edilmektedir (5). Çalışmamızda, *Bacillus subtilis*'te bir ağır metal olan kobalt toksisitesi ile ilişkili genleri tespit etmek amaçlanmış olup yaklaşık 96 adet mutant suş kullanılarak kobalta karşı dirençli veya duyarlı mutant suşlar araştırılmıştır.

MALZEMELER VE YÖNTEMLER

Model bakteri ve mutant suşlar

Bu çalışmada *Bacillus subtilis'e* ait tek gen delesyonları içeren BKE mutant hattından yaklaşık 96 adet *Bacillus subtilis* mutant suşu kullanılmıştır. Kullanılan 96 adet *Bacillus subtilis* mutant suşların listesi Şekil 1'de verilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	BKE06980	BKE07420	BKE08050	BKE08440	BKE09110	BKE09500	BKE09870	BKE10380	BKE38810	BKE12250	BKE12950	BKE13220
	yesP	yfmM	yfjL	yfiY	yhcJ	yhdK	khtS	hemAT	msmX	yjkB	dppD	thiW
B	BKE06990	BKE07510	BKE08130	BKE08540	BKE09200	BKE09550	BKE09890	BKE10480	BKE11440	BKE12310	BKE12960	BKE13230
	yesQ	yfmD	yfjE	yfhI	yhcS	yhdP	natA	yhjE	oppB	exuM	dppE	thiV
C	BKE07100	BKE07520	BKE08210	BKE08690	BKE09310	BKE09560	BKE38800	BKE10540	BKE11460	BKE12360	BKE12970	BKE13260
	lplA	yfmC	malQ	ygaD	pgcA	cueR	yxkH	ntdB	oppD	exuT	ykfA	ykoH
D	BKE07120	BKE07570	BKE08220	BKE08760	BKE09320	BKE09670	BKE09980	BKE10580	BKE11480		BKE12980	BKE38840
	lplC	yflS	yfiC	spo0M	yhcY	dat	yhaI	yhjO	yjbB		ykfB	yxkD
E	BKE07320	BKE07580	BKE08230	BKE08779	BKE09370	BKE09710	BKE10010	BKE10820	BKE11570	BKE12820	BKE12990	BKE13420
	yfnC	citS	catD	ygzC	lytF	yheI	trpP	yisQ	yjbJ	spoIISB	ykfC	ykoW
F	BKE07360	BKE07610	BKE08260	BKE08830	BKE09400	BKE09720	BKE10040	BKE10980	BKE12030	BKE12840	BKE13090	BKE13430
	yfmS	citM	yfiG	ssuB	spoVR	yheH	ecsA	yitG	yjdF	pit	ykkC	ykoX
G	BKE07370	BKE07710	BKE08290	BKE08850	BKE09420	BKE09850	BKE10080	BKE11360	BKE12180	BKE12890	BKE13100	BKE13640
	yfmR	yflE	yfiJ	ssuC	lytE	yhaU	yhfA	appD	yjhA	ykcC	ykkD	spo0E
H	BKE07400	BKE07860	BKE08310	BKE08950	BKE09470	BKE09860	BKE10370	BKE11390	BKE12240	BKE12940	BKE13169	BKE38900
	yfmO	yfkL	yfiL	yhbE	yhdH	khtT	bioY	appB	yjkA	dppC	ykzN	yxjM

Şekil 1. Çalışmada kullanılan BKE mutant hattına ait 96 adet suşun listesi

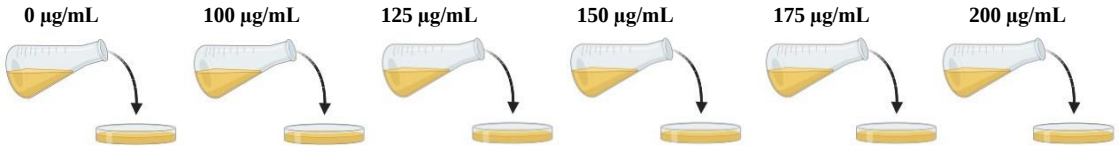
*Bacillus subtilis'*te bulunan her bir non-esansiyel gen, homolog rekombinasyon yolu ile delesyona uğratılarak toplam 4000'e yakın mutant suş elde edilmiştir ve bunların hepsine birden BKE mutant hattı ismi verilmiştir. Her bir mutant suşta çıkarılan gen yerine bir eritromisin direnç geni eklenmiştir. Örnek olarak A1 lokasyonunda bulunan *yesP* geni delesyona uğratılmış ve BKE06980 suşu olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca bu suşa Δ*yesP* mutant suşu denmektedir.

Besi yeri hazırlanması ve replikatör ile ekim

Bu çalışmada Luria Bertani (LB) Lennox besi yeri kullanılmıştır. Her bir mutant suşun $CoCl_2$ bileşiğine karşı büyüme fenotiplerini değerlendirebilmek için CoCl2 içermeyen ve 100 µg/mL, 125 µg/mL, 150 µg/mL, 175 µg/mL, 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren 6 farklı konsantrasyonda LB-

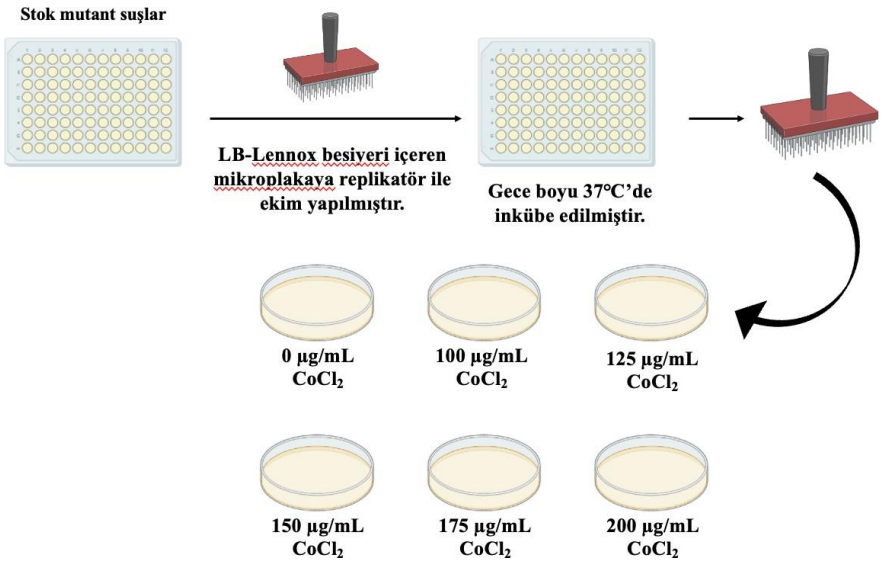
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Lennox besi yeri hazırlanmıştır. 50 mL'lik plastik petrilere aktarılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ içeren besi yerlerinin hazırlanması

Stok mutant suşlar gliserol içerinde -80°C' de saklanmaktadır. Mutant suşların canlandırılması için 96'lık mikroplaka içerisinde 200 µL LB-Lennox-Erm sıvı besi yeri eklenmiştir ve replikatör yardımıyla ekim yapılmıştır. 37 °C etüvde gece boyu inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında Mikroplaka okuyucusu ile OD_{600} değerleri ölçülmüştür ve mutant suşların büyüme yoğunlukları tespit edilmiştir. Ölçüm sonrası 96 pinli replikatör ile $CoCl_2$ içermeyen ve 100 µg/mL, 125 µg/mL, 150 µg/mL, 175 µg/mL, 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren besi yerlerine ekim yapılmıştır (Şekil 3). 37 °C etüvde inkübasyona bırakılmış ve gün gün takip edilip değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Mutant suşların canlandırılması ve replikatör ile farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ içeren besi yerlerine replikatör ile ekimi

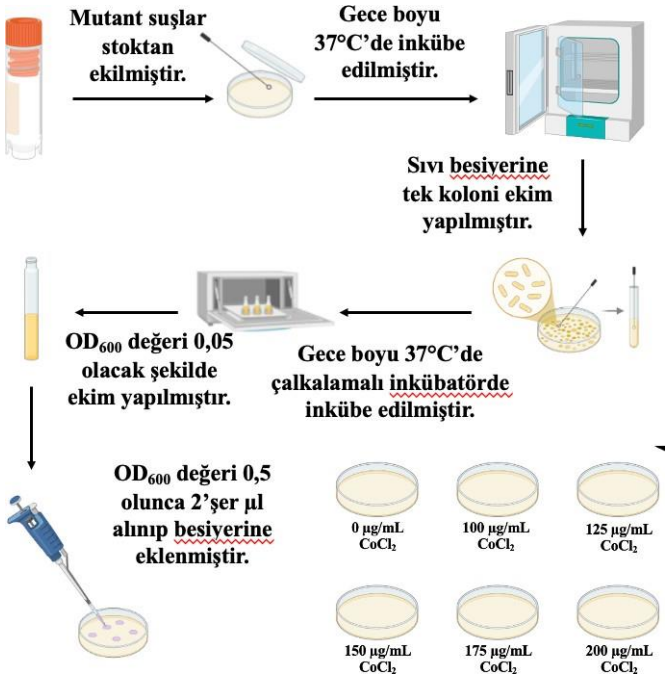
Nokta testi ile onaylama çalışması

Replikatör ile ekim sonrası dirençli suşlar tespit edilmiş ve dirençlilik seviyelerinin belirlenmesi için nokta testi yapılmıştır. Nokta testi için $CoCl_2$ içermeyen ve 100 µg/mL, 125 µg/mL, 150 µg/mL, 175 µg/mL, 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren 6 farklı konsantrasyonda LB-Lennox besi yeri hazırlanmıştır.

İlk aşamada dirençli olarak seçilmiş mutant suşların katı besi yerine ekimi yapılmıştır. Ardından sıvı besi yerine tek koloni ekim yapılmış ve 37 °C'de çalkalamalı inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında yeni bir sıvı besi yerine OD_{600} değeri 0,05 olacak şekilde

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ekim yapılıp OD_{600} değeri 0,5'e ulaşana kadar inkübe edilmiştir. OD_{600} değeri 0,5 mutant suşların 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 olacak şekilde seri dilüsyonları yapılmıştır. Her bir dilüsyondan 2 µL alınıp $CoCl_2$ içermeyen ve 100 µg/mL, 125 µg/mL, 150 µg/mL, 175 µg/mL, 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren besi yerlerine eklenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Nokta testi ile onaylama çalışması

SONUÇLAR

Bacillus subtilis suşuna ait 96 adet mutant suş kullanılmıştır (Şekil 5). *Bacillus subtilis*'te delesyona uğratılan genlerin yokluğu, mutant suşun $CoCl_2$ bileşiğine karşı dirençlilik veya duyarlılık profilinin sergilenmesi fenotipik bir karakterdir.

Çalışmada, seçilen 96 adet mutant suşu stoktan sıvı besiyerine ekim yapılmış ve gece boyu inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında OD_{600} nm'de ölçüm yapılmıştır (Şekil 5). Suşların ürediği ve büyüme yoğunlukları tespit edilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,241	0,244	0,22	0,257	0,245	0,418	0,507	0,359	0,213	0,229	0,274	0,236
B	0,309	0,598	0,633	0,652	0,951	0,974	0,964	0,897	0,604	0,791	0,732	0,337
C	0,268	0,736	0,486	0,725	0,739	0,754	0,595	0,688	0,501	0,929	0,665	0,321
D	0,514	0,681	1,02	0,707	0,874	0,874	0,884	0,593	0,739	0,791	0,686	0,231
E	0,301	0,637	0,694	0,694	0,841	0,728	0,69	0,776	0,457	0,7	0,591	0,318
F	0,3	0,49	0,49	0,641	0,597	0,418	0,628	0,653	0,625	0,434	0,683	0,26
G	0,273	0,584	0,569	0,476	0,659	0,473	0,479	0,711	0,476	0,655	0,505	0,591
H	0,192	0,219	0,249	0,197	0,234	0,261	0,27	0,258	0,481	0,264	0,322	0,207

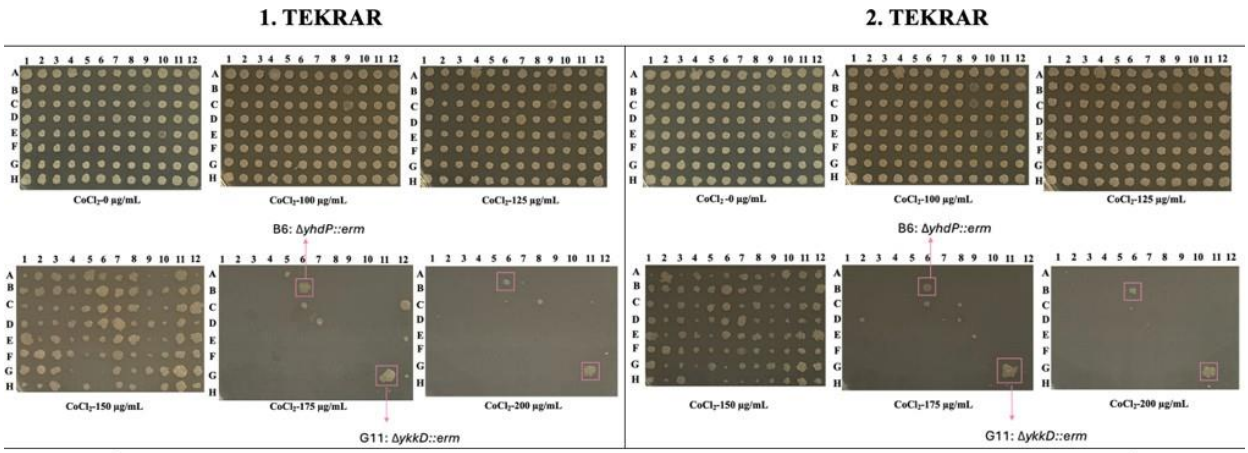
Şekil 5. Çalışmada kullanılan 96 mutant suşun hücre yoğunlukları

Çalışmada kullanılan BKE mutant hattına ait 96 mutant suşun gece boyu inkübasyondan sonraki OD_{600} değerleri gösterilmiştir.

Ölçüm sonrası mikroplakada ürediği tespit edilen mutant suşlar, 96 pinli bir replikatör

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yardımıyla $CoCl_2$ içermeyen ve 100 µg/mL, 125 µg/mL, 150 µg/mL, 175 µg/mL, 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren 6 farklı konsantrasyonda LB-Lennox besi yerlerine ekim yapılmıştır. 37 °C'de etüvde inkübe edilmiştir ve gün gün mutant suşların takibi yapılmış ve değerlendirilmiştir. Aşağıdaki şekilde inkübasyonun 2. gününde mutant suşların üreme durumları gösterilmiştir (Şekil 6). 96 mutant suşun 6 farklı $CoCl_2$ konsantrasyonuyla taranması sonucu *yhdP* ve *ykkD* mutant suşunun diğer suşlara kıyaslara yüksek $CoCl_2$ konsantrasyonunda üreme gösterdiği tespit edilmiştir.



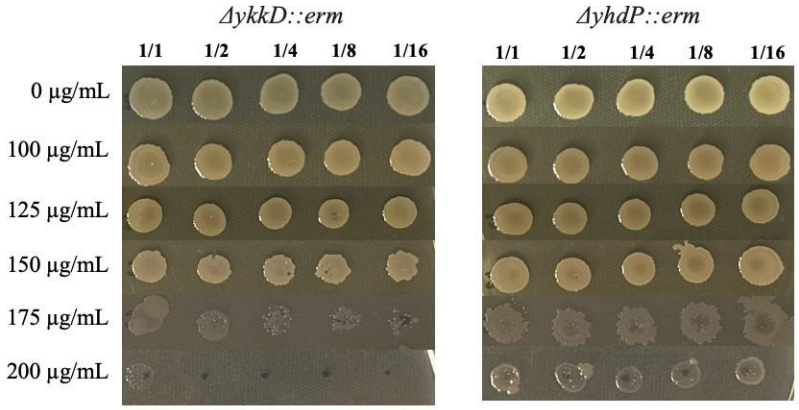
Suş Adı	0 µg/mL	100 µg/mL	125 µg/mL	150 µg/mL	175 µg/mL	200 µg/mL
ΔyhdP::erm	*****	*****	*****	*****	*****	*****
ΔykkD::erm	*****	*****	*****	*****	*****	*****

Şekil 6. Mutant suşların farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ bileşiği içeren besiyerlerindeki üreme durumları

Replikatör ile farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ bileşiği içeren besiyerlerine ekimi gerçekleştirilen 96 adet mutant suşun 2. Gün inkübasyonundaki üreme durumları gösterilmiştir. Deney iki tekrarlı gerçekleştirilmiş olup soldan sağa doğru $CoCl_2$ konsantrasyonu artmaktadır. Tabloda yer alan yıldızlar tam üremeyi eksi işareti ise üreme olmadığını göstermektedir.

Dirençlilik fenotipi gösteren iki mutant suşun dirençlilik seviyesini belirlemek için nokta testi yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi *yhdP* mutant suşu en yüksek $CoCl_2$ konsantrasyonunda 1/16 dilüsyonunda bile üreme göstermişken *ykkD* mutant suşu en yüksek $CoCl_2$ konsantrasyonunda sadece 1/1 dilüsyonda üreme göstermiştir. Yukarıda elde edilen tarama deneyi sonuçları nokta testi ile onaylanmıştır. Her iki mutant suşun $CoCl_2$ bileşiğine karşı direnç göstermesi oldukça ilginçtir. Bu sonucu değerlendirmek için literatür taraması yapılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Suş Adı	0 µg/mL	100 µg/mL	125 µg/mL	150 µg/mL	175 µg/mL	200 µg/mL
ΔyhdP::erm	*****	*****	*****	*****	*****	*****
ΔykkD::erm	*****	*****	*****	*****	*****	* - - - -

Şekil. Δ*ykkD* ve Δ*yhdP* mutant suşunun farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ bileşiği içeren besiyeri ortamlarındaki üreme durumlarının nokta testi ile analizi

OD_{600} değeri 0,5 olan Δ*ykkD* ve Δ*yhdP* mutant suşları 1/1, 1/2, 1/4, 1/8 ve 1/16 dilüsyonlarına uğratılması ve farklı konsantrasyonda $CoCl_2$ bileşiği içeren besiyerlerine 2'şer µL olacak şekilde ekilmesi ile nokta testi deneyi yapılmıştır. 37 °C'de etüvde inkübe edilmiş ve gün gün fotoğrafları çekilmiştir. Tabloda yer alan yıldızlar tam üremeyi eksi işareti ise üreme olmadığını göstermektedir.

TARTIŞMA

Bacillus subtilis, metal toksisitesi ile ilgili çalışmalar için uygun bir model organizma olup şu ana kadar özel bir Kobalt alım sistemi belgelenmemiştir. Test etmiş olduğum 96 mutant suş arasından dirençli bir fenotipe sahip Δ*yhdP* mutant suşu 200 µg/mL $CoCl_2$ içeren besiyerinde diğer suşlara kıyasla üreme göstermiştir. yhdP geni geni Bacillus subtilis genomunda *yhdQ- mpfA* operonunda yer almakta olup 1335 baz çifti uzunluğundadır (SubtiWiki, https://subtiwiki.uni-goettingen.de/). Bir magnezyum effluks pompası olan YhdP proteinini kodlamaktadır. Yapılan çalışmalarda *Bacillus subtilis*'te YhdP proteinin yüksek Mg(II) ile indüklendiği ve bakteriye direnç kazandırdığı tespit edilmiştir. Ek olarak hücre içi metal seviyesinin analizi sonucu YhdP'nin bir Mg(II) eksporter olduğunu desteklemektedir. Buna ek olarak *Bacillus subtilis'*te *yhdP* geni mutant hale getirildiğinde Co(II) ve Mn(II) toksisitesinin baskılandığı tespit edilmiştir (7).

Tarama sonucu dirençli bir fenotip sergileyen diğer bir suş Δ*ykkD* mutant suşudur. 96 adet mutant suşa kıyasla Δ*yhdP* mutant suşuyla aynı dirençlilik fenotipine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Onaylama çalışması için nokta testi yapılmıştır ve her iki mutant suşun dirençlilik seviyeleri belirlenmiştir. *ykkD* geni *Bacillus subtilis* genomunda *ykkC-ykkD* operonunda yer almakta olup 318 baz çiftinden oluşmaktadır. *ykkD*, putatif guanidin eksport proteinini kodlamaktadır (SubtiWiki, https://subtiwiki.uni-goettingen.de/). SMR (Small

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Multidrug Resistance) proteinleri, bakterilerde olumsuz çevre koşullarına karşı hücreyi koruyan ve çoklu ilaç direncinden sorumlu olan bir protein ailesidir. *Bacillus subtilis* yedi SMR homoloğu kodladığı bilinmektedir ve bunlar arasında YkkD ve YkkC proteinleri yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda YkkC ve YkkD proteinlerinin SMR (Small Multidrug Resistance) taşıyıcı protein ailesine ait olduğu tespit edilmiştir. Bu iki protein birlikte çalışarak bileşiklerin toksik etkilerini azaltmaktadırlar (8). Gerçekleştirdiğimiz çalışma sonucunda *ΔykkD* mutant suşunun kobalt klorüre karşı yüksek dirence sahip olduğunu tespit etmek literatür için yeni ve değerli bir bilgidir. YkkD ve $CoCl_2$ bileşiği arasındaki ilişkiyi araştırmak ve yeterli bilgililer elde etmek için daha fazla deneysel çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Dulay, H., Tabares, M., Kashefi, K., & Reguera, G. (2020). Cobalt resistance via detoxification and mineralization in the iron-reducing bacterium Geobacter sulfurreducens. *Frontiers in microbiology*, *11*, 600463.
2. Imam, S. A., Rajpoot, I. K., Gajjar, B., & Sachdeva, A. (2016). Comparative study of heavy metal bioremediation in soil by Bacillus subtilis and Saccharomyces cerevisiae. *Indian J. Sci. Technol*, *9*(47), 1-7.
3. Akinsemolu, A. A., Onyeaka, H., Odion, S., & Adebanjo, I. (2024). Exploring Bacillus subtilis: Ecology, biotechnological applications, and future prospects. *Journal of Basic Microbiology*, e202300614.
4. Barras, F., & Fontecave, M. (2011). Cobalt stress in Escherichia coli and Salmonella enterica: molecular bases for toxicity and resistance. *Metallomics*, *3*(11), 1130-1134.
5. Moore, C. M., & Helmann, J. D. (2005). Metal ion homeostasis in Bacillus subtilis. *Current opinion in microbiology*, *8*(2), 188-195.
6. Sachla, A. J., Alfonso, A. J., & Helmann, J. D. (2021). A simplified method for CRISPR- Cas9 engineering of Bacillus subtilis. *Microbiology Spectrum*, *9*(2), e00754-21.
7. Pi, H., Wendel, B. M., & Helmann, J. D. (2020). Dysregulation of magnesium transport protects Bacillus subtilis against manganese and cobalt intoxication. *Journal of Bacteriology*, *202*(7), 10-1128.
8. Jack, D. L., Storms, M. L., Tchieu, J. H., Paulsen, I. T., & Saier Jr, M. H. (2000). A broad- specificity multidrug efflux pump requiring a pair of homologous SMR-type proteins. *Journal of bacteriology*, *182*(8), 2311-2313.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

DC-DC DÜŞÜRÜCÜ DEVRE TASARIMI VE SİMÜLASYONLARININ LTspice PROGRAMINDA İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Necmi Cemal Özdemir

Kocaeli Üniversitesi/Elektrik Mühendisliği Bölümü

necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2914-3577

İmam Eyyüp Elçi

Kocaeli Üniversitesi/Elektrik Mühendisliği Bölümü

imameyyupelci@gmail.com - 0009-0007-9385-8119

ÖZET

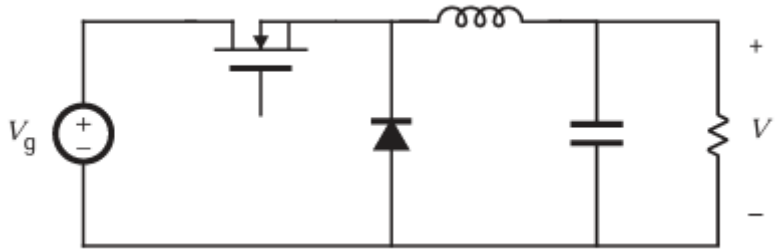
Güç elektroniği sistemleri günlük olarak kullandığımız cihazların büyük bir kısmının vazgeçilmez bir parçasıdır. Cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir elektronik cihazlar dönüştürücü adı verilen önemli bir güç elektroniği bileşeni olmadan çalışmaz. Bu karmaşık cihazlarda bulunan çok sayıda alt devre nedeniyle, cihazı çalıştıran pil veya AC kaynağıyla aynı olmayan çeşitli voltaj gereksinimlerini karşılama ihtiyacı vardır. DC-DC dönüştürücüler burada işe yarar. DC-DC çeviriciler, giriş voltajını ya da akım seviyesini düşürmek veya yükseltmek için kullanılan elektronik devrelerdir. Örneğin, bir cihazın çalışma gerilimi 30V ise gelen gerilimin seviyesine göre düşürmek ya da yükseltmek gerekebilir. DC-DC çeviriciler işlevlerine göre birkaç türe ayrılır: Buck çevirici, Boost çevirici, Buck-Boost çevirici, Cuk çevirici. DC-DC çeviriciler kendisi içerisinde ve diğer sistemlerle birlikte uyum içerisinde çalışmalıdır. Bu çalışmada tasarlanan bir buck çeviricinin tasarımı ve iletkenlik yoluyla ortaya çıkabilecek elektromanyetik yayılımı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DC-DC Çevirici, Elektromanyetik Uyumluluk, Emisyon, Buck Çevirici

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1- GİRİŞ

Buck dönüştürücü, bir giriş voltajını daha düşük bir çıkış voltajına dönüştürmek için anahtarlama elemanlarını (genellikle bir MOSFET) ve pasif bileşenleri (indüktör, kapasite vb.) kullanır. Temel amacı, yüksek voltajı daha düşük bir voltaja indirerek enerji verimliliği sağlamak ve sistemin genel performansını iyileştirmektir. Buck dönüştürücüsünde anahtarlama elemanı genellikle bir MOSFET' tir. Bu anahtar, giriş voltajının bir kısmının geçmesini sağlar ve bu geçişi yüksek hızla açıp kapatarak çıkış voltajını şekillendirir. Yani, MOSFET anahtar açıldığında devre açılır (voltaj geçişi sağlanır), kapalı olduğunda ise devre kapanır.



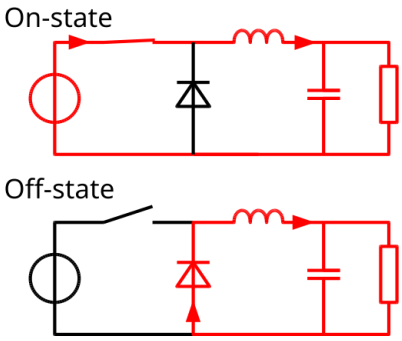
Şekil-1 Buck Devresi

Buck dönüştürücüsünde anahtarın açık olduğu süreyi duty cycle olarak adlandırırız. Duty cycle, anahtarın açık olduğu sürenin, toplam periyot süresine oranıdır ve çıkış voltajını belirleyen en önemli faktördür. Anahtarlama elemanı (MOSFET) açılıp kapandıkça, indüktör devredeki enerji akışını düzenler. İndüktör, enerji depolamak için manyetik alan kullanır. Anahtar açıldığında, indüktör üzerinden geçen akım artar ve enerji depolar. Anahtar kapandığında, bu depolanan enerji, yük devresine iletilir. İndüktör, böylece çıkış voltajını stabilize eder ve çıkış akımındaki dalgalanmaları azaltır. Diyot, buck dönüştürücüsünde, MOSFET kapandığında akımın devam etmesini sağlar. Bu, indüktörün akımının kesilmeden yük devresine aktarılmasına yardımcı olur. Kapasitör, çıkış voltajını düzgünleştirir. Anahtarlamalı yapılar, çıkış voltajında dalgalanmalara neden olabilir, ancak kapasite bu dalgalanmaları filtreleyerek daha düzgün bir DC voltajı sağlar.

Çalışma Prensibi;

- Buck dönüştürücü, anahtarlama elemanlarını (MOSFET gibi) ve pasif bileşenleri (indüktör, kapasitör) kullanarak, giriş voltajını istenen daha düşük bir çıkış voltajına dönüştürür.
- Çıkış voltajı, duty cycle' a (anahtarın açık kalma süresi) göre belirlenir.
- İndüktör, enerji depolar ve çıkış voltajındaki dalgalanmaları azaltır.
- Diğer DC-DC çeviricilerden daha yüksek verimlilikle çalışır ve genellikle düşük ısı üretir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil-2 Açık/Kapalı Durumu

2- DC-DC ÇEVİRİCİLERİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Buck dönüştürücülerin verimliliği, genellikle %85 ile %95 arasında değişir. Anahtarlama kayıpları ve bileşenlerin ısı üretmesi nedeniyle, verimlilik diğer analog çözümlerden daha yüksektir. Lineer regülatörlere kıyasla, buck dönüştürücülerde ısı üretimi çok daha düşüktür. Çünkü voltajın doğrudan düşürülmesi yerine, anahtarlama yoluyla enerji dönüşümü sağlanır. Uygulama alanlarına pil beslemeleri, yüksek verimli güç kaynakları, ev elektroniği, yenilenebilir enerji sistemleri örnek verilebilir.

Özellik	Buck Converter	Boost Converter	Buck-Boost Converter	Cuk Converter
Verimlilik	Yüksek (%85 - %95)	Orta (genellikle %70 - %90)	Orta (genellikle %75 - %90)	Orta (%75 - %85)
Karmaşıklık	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek
Giriş-Çıkış Voltaj İlişkisi	Giriş > Çıkış (Step down)	Giriş < Çıkış (Step-up)	Hem Step-up hem Step-down	Çıkış Ters İşaretli
Çıkış Akımı	Yüksek çıkış akımı sağlanabilir	Yüksek çıkış akımı sağlanabilir	Sabit çıkış sağlanabilir	Sabit çıkış, daha az akım
Isı Üretimi	Düşük	Yüksek	Orta	Orta
Uygulama Alanı	Pil beslemeleri, enerji yönetimi, ev elektroniği	LED sürücüler, yenilenebilir enerji sistemleri	Sabit çıkış gereksinimleri	Elektronik cihazlar, enerji depolama

Şekil-3 Topoloji Karşılaştırma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3- BUCK DEVRESİNİN SİMÜLASYONU

Şekil 5'te LTspice programı üzerinde, 30V girişi, 12V çıkışı olan bir dc-dc düşürücü devresi tasarımı gözükmektedir.

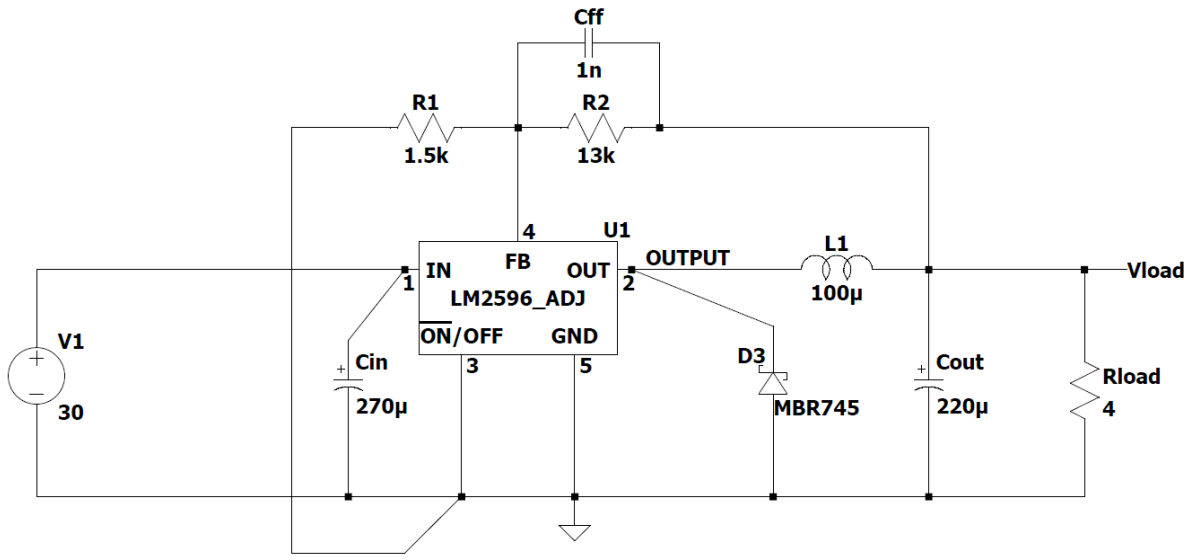
Giriş: 30V DC

Çıkış: 12V DC

Yük Akımı: 3A

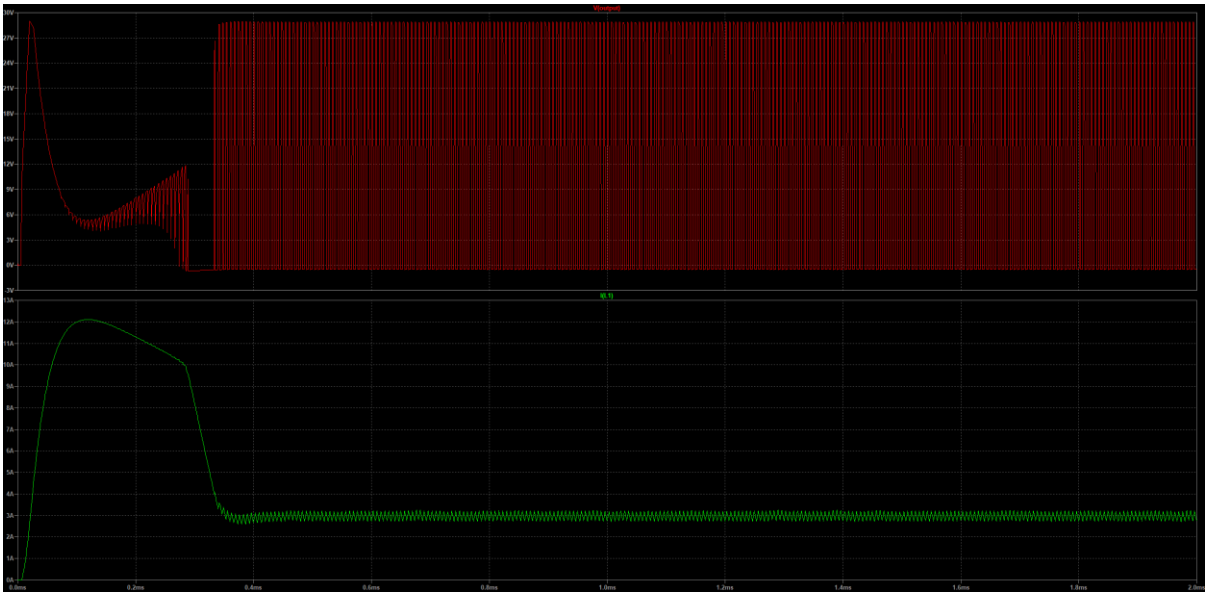
Anahtarlama Frekansı: 150kHz

Tasarım parametrelerine göre çizilen devrenin çıkış gerilim/akım grafiği şekil 5' te gösterilmektedir.



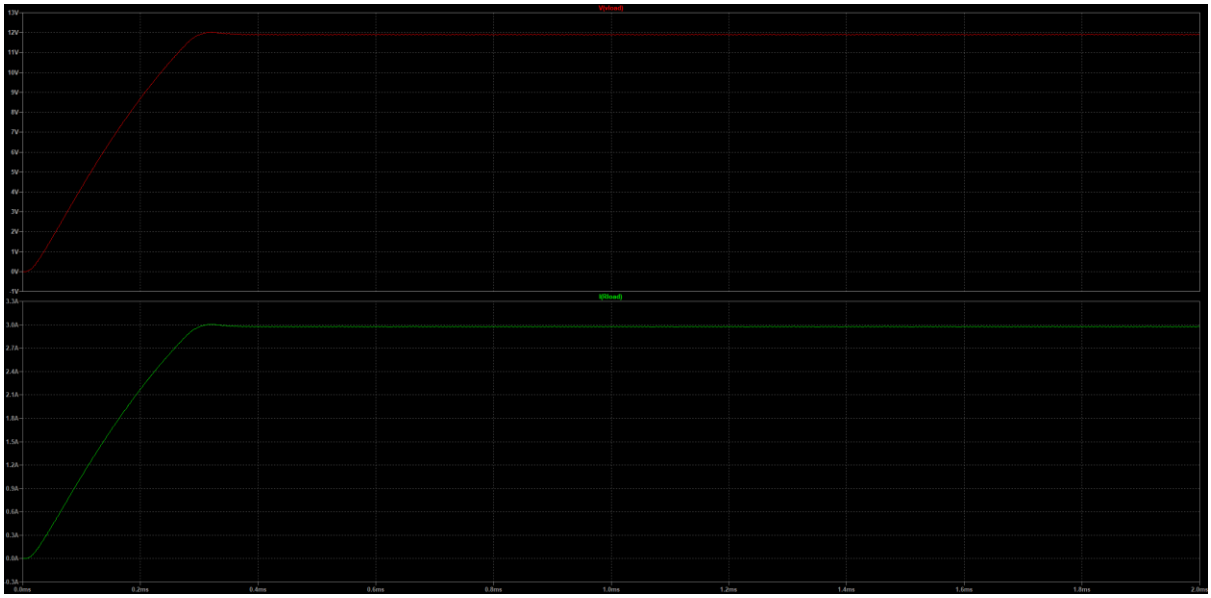
Şekil-4 Buck Devresi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil-5 Çıkış Gerilim/Akım

Devreye ait yük gerilim/akım grafiği şekil 6’ da gösterilmektedir.



Şekil-6 Yük Gerilim/Akım

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

4- BUCK DEVRESİNİN FFT ANALİZİ

Tasarımı yapılan devrenin FFT analizi şekil 7' de gösterilmektedir.



Şekil-7 FFT Analiz

5- SONUÇLAR

30V girişi 12V çıkışı olan Buck topolojisi tasarlanmış çıkış gerilim/akım, yük gerilim/akım ve V_{in} FFT analizleri yapılmıştır. Tasarlanan devrenin gürültü seviyeleri belirli bir frekans aralığında gözlenmiştir. Bir sonraki aşama olarak ürünün dahil olacağı standarda göre limit gürültü seviyeleri belirlenip uygun bir filtre tasarımı yapılabilir.

6- REFERANSLAR

[1] DC-DC Power Converters - Robert W. Erickson (Department of Electrical and Computer Engineering University of Colorado)

[2] DC/DC BOOK OF KNOWLEDGE Steve - Roberts M.Sc. B.Sc.

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter

[4] LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator datasheet (Rev. G)

[5] https://eepower.com/technical-articles/what-is-a-dc-dc-converter-and-how-does-it-work/#

[6] Güç Elektroniği Yarıiletken Elemanlar, Devreler ve Uygulamaları – Muhammad H. Rashid (Çev. Prof. Dr. Sedat Sünter, Prof. Dr.Timur Aydemir)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EKOLOJİK DENGELERİN KORUNMASINDA PEYZAJ MİMARLIĞININ ROLÜ: GEZEGEN SINIRLARI PERSPEKTİFİ

Doç. Dr. Elif SAĞLIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
elifysaglik@gmail.com - ORCID ID 0000-0002-5230-3869

Yl. Öğr. Fatma YETİŞİR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
fatmayetisir@hotmail.com - ORCID ID 0000-0002-4087-3960

ÖZET

Gezegensel sınırlar, insan faaliyetlerinin Dünya'nın ekosistem kapasitesini aşmaması için belirlenen dokuz kritik sınır olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma, gezegensel sınırları (iklim değişikliği, biyosfer bütünlüğündeki değişimler [biyoçeşitlilik kaybı], biyojeokimyasal akışlar, arazi sistemi değişikliği, tatlı su kullanımı, okyanus asitlenmesi, atmosferik aerosol yüklemesi, stratosferik ozon tükenmesi ve yeni varlıklar açıklayarak, peyzaj mimarlığı tasarım süreçlerine entegrasyonlarını ve bu süreçlerin etkilerini incelemektedir.

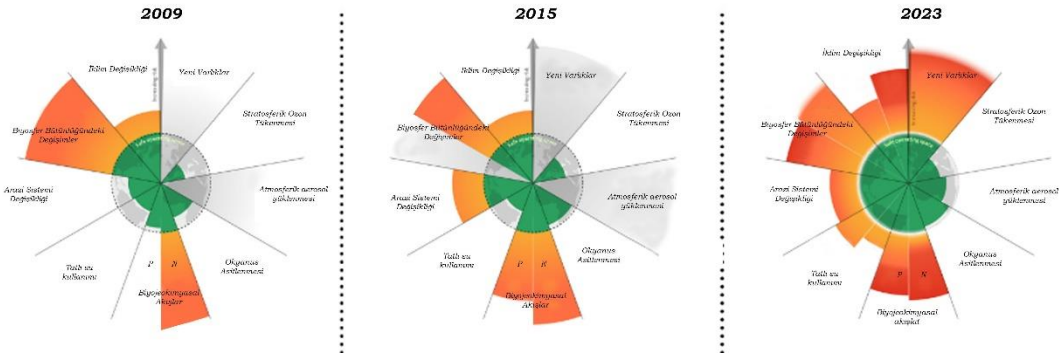
Çalışmada, sınırların aşılmasının doğa ve insan yaşamı üzerindeki etkileri ele alınmış; peyzaj mimarlığının bu sorunlara çözüm üretme potansiyeli vurgulanmıştır. Örneğin, iklim değişikliği sınırı kapsamında karbon ayak izini azaltmak için yeşil altyapı ve karbon tutucu bitkiler önerilmiş; bu tasarımlar, kentsel alanlarda mikro iklimi düzenleyerek sıcaklık stresini azaltma işlevi sunmaktadır. Biyosfer bütünlüğü sınırında, yerel bitki türleri ve habitat koridorlarının kullanımı ekosistem hizmetlerini iyileştirirken, biyoçeşitlilik kaybının önlenmesine katkı sağlamaktadır. Biyojeokimyasal akışlar (azot ve fosfor döngüleri) bağlamında ise sürdürülebilir peyzaj yönetimi ile su kaynaklarının kirliliği azaltılarak hem ekolojik hem de ekonomik kazanç sağlanmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, gezegensel sınırları gözeten tasarım süreçlerinin ekolojik dengeyi koruyarak sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Peyzaj tasarımı, bu sınırların ihlalini önlemeye yönelik yenilikçi stratejiler geliştirebilme ve ekosistemleri destekleyen, insan yaşam kalitesini artıran uygulamalar sunma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Dokuz Kritik Sınır, Gezegensel Sınırlar, Peyzaj Mimarlığı.

1. GEZEGENSEL SINIRLAR

Dokuz sınırdan oluşan Gezegensel Sınırlar kavramı, ilk olarak 2009 yılında Johan Rockström ve 28 bilim insanı tarafından geliştirilmiş olup günümüzde de geliştirilmeye devam etmektedir. Dünya'nın dayanıklılığını korumak amacıyla belirlenen Gezegensel Sınırlar, insan faaliyetlerinin dokuz temel süreç üzerindeki baskısını sınırlar. Bu dokuz sınır; iklim değişikliği, biyosfer bütünlüğündeki değişimler (biyoçeşitlilik kaybı), biyojeokimyasal akışlar, arazi sistemi değişikliği, tatlı su kullanımı, okyanus asitlenmesi, atmosferik aerosol yüklenmesi, stratosferik ozon tükenmesi ve yeni varlıklardır. Görsel 1'de Gezegensel Sınırlar Çerçevesinin evrimsel gelişimi yer almaktadır (URL1).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Gezegensel Sınırlar Çerçevesinin Evrimsel Gelişimi (Url1)

Gezegensel Sınırlar, Dünya sistemini korumak amacıyla insan kaynaklı müdahalelerin Holosen dönemi koşullarına benzer bir "güvenli çalışma alanı" içinde kalmasını hedefler. Holosen, yaklaşık 10.000 yıl boyunca iklim, biyomlar ve ekosistemlerin istikrarlı olduğu, medeniyetin geliştiği bir dönemdir. Ancak insan faaliyetleri, bu istikrarı bozarak Dünya'yı Antroposen çağına taşımış ve gezegen ölçeğinde yeni bir baskı unsuru oluşturmuştur (Richardson ve ark., 2023).

Bu sınırlar, küresel ve çevresel değişimleri tek tek ele almak yerine, tüm süreçlerin toplam etkilerini bütüncül bir sistem düzeyinde değerlendirir. Holosen'i referans alarak geri dönüşü olmayan değişimlere yol açabilecek sınırları belirler ve bilimsel verilere dayalı güvenli eşikler tanımlar. İklim, biyosfer bütünlüğü, tatlı su kullanımı ve yeni varlıklar gibi sınırların, insan etkilerinin bir arada değerlendirilmesiyle korunması gerektiği vurgulanmaktadır (Richardson ve ark., 2023).

2. PEYZAJ MİMARLIĞI VE DOKUZ KRİTİK SINIR

Peyzaj mimarlığı, doğal ve kültürel kaynakların insan ihtiyaçlarını gözeterek korunması ve yönetilmesi temelinde, fiziksel çevrenin ekolojik, ekonomik, işlevsel ve estetik kriterlere uygun şekilde tasarlanması, planlanması, düzenlenmesi, korunması, geliştirilmesi ve yönetilmesi süreçlerini kapsayan bir meslek disiplinidir. Gezegensel sınırların mevcut durumu, bilimsel araştırmalara göre farklı risk seviyeleriyle değerlendirilmektedir. Bu sınırların mevcut seviyelerde korunması, aşılmalarının engellenmesi ve mümkünse daha iyi bir duruma getirilmesi için peyzaj mimarlığı disiplini önemli katkılar sunabilir (Korkut ve Kiper, 2021).

Gezegensel sınırlar, dünya sistemlerinin güvenli bir şekilde işleyişini sağlayan eşiklerdir. Ancak günümüzde bazı sınırların aşıldığı, bazılarının ise güvenli sınırların içinde kaldığı veya kritik eşiklere yaklaştığı görülmektedir. Bu durum hem doğanın dengesini hem de insan yaşamını tehdit eden bir tablo sunmaktadır. Aşağıda, gezegensel sınırların mevcut durumu ve peyzaj mimarlığı bağlamındaki yansımaları başlıklar altında incelenmiştir (URL3).

İklim Değişikliği: Aşılan Kritik Sınır (%100 Yüksek Risk)

Gezegensel sınırlar kapsamında iklim değişikliği sınırı, atmosferik CO2 konsantrasyonu için 350 ppm ve sanayi öncesi seviyelere kıyasla atmosferdeki radyatif zorlama artışı için +1.0 W/m² olarak belirlenmiştir. Bu sınır, CO2'nin uzun atmosferik ömrü ve insan kaynaklı yüksek emisyonlarının gezegenin enerji dengesini bozması nedeniyle kritik öneme sahiptir. CO2, diğer sera gazları ve aerosollerle birlikte radyatif zorlamayı artırmakta, bu da sıcak hava dalgalarının sıklığı, şiddetli yağışlar, kuraklıklar ve kutup bölgelerindeki buz kayıpları gibi ciddi etkiler

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yaratmaktadır. 2014 yılı itibarıyla CO2 seviyesi 399 ppm'e ulaşmış, radyatif zorlama ise sanayi öncesi döneme kıyasla +2.3 W/m² artmıştır. Bu durum, sınır değerlerin aşıldığını ve iklim değişikliğinin kritik bir noktaya yaklaştığını göstermektedir (Steffen ve ark., 2015).

Gezegen sınırları çerçevesinde, peyzaj mimarlığı daha dirençli kentler oluşturabilmek için karbon emisyonlarını azaltan ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlayan tasarımlar ortaya koyabilir. Peyzaj mimarları, bu doğrultuda karbon emisyonlarını azaltmak, iklim değişikliğine uyum sağlamak ve kentsel alanlarda dirençli yaşam alanlarının oluşmasına veya gelişmesine katkı sağlarlar (Özkaplan Yörüklü, 2021). Kentlerde karbon tutma potansiyeli yüksek bitkilerin kullanımı, yeşil çatı ve duvar sistemleri ile ağaçlandırma potansiyelinin artırılması, binaların soğutma ve ısıtma ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltabilir (Gül vd., 2021). Yeşil altyapılar, sulak alan restorasyonu ve yağmur suyu bahçeleri gibi uygulamalar hem karbon döngüsünü destekler hem de taşkın risklerini azaltarak su yönetimini iyileştirir (Demiroğlu vd., 2019). Sürdürülebilir parklar ve kentsel açık yeşil alanların varlığının çoğaltılması, kentlilerin iklim değişikliğiyle mücadeleye katkısını artırırken bilinçlenmesine de katkı sağlar (Görsel 2) (Erdoğan Onur, 2015).



Görsel 2. İklim değişikliği ve peyzaj çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Biyosfer Bütünlüğündeki Değişimler (Biyoçeşitlilik Kaybı): Aşılan Kritik Sınır (%100 Yüksek Risk)

Biyosfer, Dünya sisteminde iki temel rol üstlenir. Genetik çeşitlilik, biyosferin uzun vadeli uyum ve dayanıklılığını sağlayan bir "bilgi bankası" olarak işlev görür. Biyosferdeki değişimlerin, özellikle biyoçeşitlilik kaybının etkileri, ekosistemlerin işlevselliğini ve insan yaşamı üzerinde uzun vadeli sonuçlar yaratmaktadır. Küresel yok olma oranı, insan baskılarıyla hızlanmakta ve bu durum biyosferin dayanıklılığını zayıflatmaktadır. Holosen dönemindeki evrim hızına benzer bir sınır belirlenemese de geçmiş milyon yıllardaki doğal yok olma oranı (1 milyon tür-yılda 1) temel alınarak, bu oran 10 milyon tür-yılda 10 olarak tanımlanmıştır. Biyosferin işlevselliği, ekosistemlerdeki organizmaların işlevsel özelliklerinin çeşitliliği ve bolluğuyla ölçülür. Biyoçeşitlilik Bütünlük İndeksi (BII), bu çeşitliliği ölçen geçici bir kontrol değişkeni olarak önerilmiş ve sanayi öncesi seviyelerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. BII'nin %90 sınırının belirlenmesi ve belirsizlik payıyla %90 ila %30 arasında bir aralık oluşturması, biyosferin işlevselliği ve biyoçeşitliliği üzerinde büyük bir etkiye işaret etmektedir (Steffen ve ark., 2015).

Biyosfer bütünlüğünün korunması ve biyoçeşitliliğin artırılması, peyzaj mimarlığında önemli bir yer tutmaktadır. Yerel bitki türlerinin kullanımı, habitat koridorlarının oluşturulması, polinatör bahçeleri ve doğal yaşam alanları gibi biyoçeşitliliği destekleyen tasarımlar, ekosistemlere uygun habitatlar yaratarak doğal dengeyi desteklerken, peyzajların ekosistem işlevselliğini artırarak türlerin korunması ve biyoçeşitliliğin artırılması açısından biyosfer bütünlüğünün korunmasına katkı sağlar (Görsel 3) (Aslan ve Uslu, 2021).



Görsel 3. Biyosfer Bütünlüğündeki Değişimler (Biyoçeşitlilik Kaybı) ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Biyojeokimyasal Akışlar: Kritik Sınırlar Aşıldı (Azot %100 Yüksek Risk; Fosfor %90 Kritik Risk)

Biyojeokimyasal akışlar sınırı, fosfor (P) ve azot (N) gibi temel elementlerin doğal döngülerindeki insan etkisini sınırlandırmayı hedefler. Fosfor için iki farklı düzeyde sınır belirlenmiştir: Küresel düzeyde, okyanuslarda anoksi olaylarını önlemek amacıyla tatlı su sistemlerinden okyanusa yıllık 11 Tg P akışı sınır olarak kabul edilmiştir. Bölgesel düzeyde ise, gübrelerden erozyona açık topraklara yıllık 6,2 Tg P akışı sınır değeri olarak önerilmektedir. Azot için, su ekosistemlerinde ötrofikasyonu engellemek adına endüstriyel ve biyolojik fiksasyon yoluyla yılda 62 Tg N salınımı sınır olarak belirlenmiştir. Fosfor ve azot sınırlarının yoğun tarım alanlarında aşılması, ötrofikasyon ve ekosistem bozulmalarına yol açmaktadır. Ayrıca, P:N oranı dikkate alınarak bu elementler dengeli bir şekilde yönetilmelidir (Steffen ve ark., 2015).

Sürekli kimyasal gübre kullanımı, topraktaki organik madde miktarını azaltarak hem toprağın yapısını bozabilir hem de doğal döngüleri olumsuz etkileyebilir; bu nedenle gübre kullanımını azaltan ve doğal süreçleri destekleyen sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik eden peyzaj planlamaları, ekosistem dengelerinin korunmasında önemli bir rol oynayabilir (Sakin ve ark., 2024). Sulak alan restorasyonu ve yağmur suyu bahçeleri gibi doğal filtreleme sistemleri, fosfor ve azot gibi ötrofikasyona neden olan besin maddelerini kullanarak veya zehirli maddeleri alıkoyarak suyun temizlenmesine ve su kaynaklarının korunmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Görsel 2) (URL2).



Görsel 4. Biyojeokimyasal Akışlar ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Arazi Sistemi Değişikliği: Kritik Sınır Aşıldı (%80 Orta ila Yüksek Risk)

Arazi sistemi değişikliği, kara biyomlarının ekolojik işlevselliğini ve iklim üzerindeki etkilerini doğrudan şekillendiren kritik bir gezegensel sınırdır. Bu sınır, kara yüzeyi ile atmosfer arasındaki enerji, su ve momentum alışverişini düzenleyen biyofiziksel süreçlere odaklanır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tropikal, ılıman ve boreal ormanlar, kara yüzeyi-iklim bağlantıları açısından en güçlü biyomlardır. Tropikal ormanlarda ormansızlaşma, buharlaşma yoluyla iklime önemli geri beslemeler yaparken, boreal ormanların dağılımındaki değişiklikler kara yüzeyinin albedosunu ve dolayısıyla bölgesel enerji alışverişini etkiler. Arazi sistemi değişikliği sınırında, tropikal ve boreal ormanlar için biyom ölçeğinde belirlenen sınır, mevcut orman örtüsünün %85'inin korunması gerektiğini öngörmektedir. Bununla birlikte, ılıman ormanlar için önerilen sınır, potansiyel orman örtüsünün %50'si olarak tanımlanmaktadır. Bu sınırların korunması, iklim dengesi ve biyosfer bütünlüğünün sürdürülmesi açısından önemlidir (Steffen ve ark., 2015).

Peyzaj mimarlığı, arazi sistemi değişikliği sınırının korunması ve iyileştirilmesine etkin bir şekilde katkı sağlayabilecek bir disiplindir. Peyzaj mimarlığı, bozulmuş ekosistemlerin restorasyonu, rehabilitasyonu ve doğaya yeniden kazandırılması, yerel flora ve faunanın canlandırılması ve doğal süreçlerin hızlanmasına katkı sağlayarak sınırın aşılmamasını engellemeye yardımcı olur. Ekosistemlerin doğal hale gelmesi ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, ormanlaştırma projeleri, biyoçeşitlilik koridorları ve karbon tutucu bitki türlerinin kullanımıyla mümkün olabilir. Peyzaj tasarımları sayesinde doğal sistemlerin korunması ve sürdürülebilirlik sağlanarak, arazi kullanım değişikliği sınırı aşılmadan dengeli bir yaşam sürdürülebilir (Görsel 5) (Emir ve Yıldırım, 2024).



Görsel 5. Arazi Sistemi Değişikliği ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Tatlı Su Kullanımı: Sınıra Yaklaşıyor (%60 Orta Risk)

Tatlı su kullanımı, mavi su kaynaklarının (nehirler, göller, rezervuarlar ve yenilenebilir yeraltı suyu kaynakları) sürdürülebilir yönetimini hedefleyen kritik bir gezegensel sınırdır. Bu sınır, yıllık 4000 km³ tatlı su tüketimini kontrol değişkeni olarak belirlemiştir. Ancak, bu değer nehirlerin ekolojik akış gereksinimlerine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Nehir sistemlerinin sağlıklı işleyişini sürdürmek ve rejim değişikliklerini önlemek için çevresel su akışları (EWF) kavramı kullanılmaktadır. Bu kavram, nehir havzalarının ekosistemlerini korumak için gerekli olan su seviyelerini belirler. Akış rejimlerini yüksek, orta ve düşük akış dönemlerine ayırarak, aylık ortalama akışın belirli bir yüzdesi üzerinden su tahsisi yapılır. Yapılan analizler, tatlı su kullanımındaki farklı akış rejimlerine bağlı olarak belirsizlik alanlarını ortaya koyar ve sınırın mevcut durumunun daha doğru bir şekilde gözlemlenmesini sağlar (Steffen ve ark., 2015).

Tatlı su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi için peyzaj mimarlığı disiplininden faydalanılabilir. Su tasarrufu sağlayan bitkiler (xeriscaping) kullanılarak, yağmur suyunun yeniden kullanılması ve kentsel alanlarda su kaynaklarının verimli kullanımı sağlanabilir. Ayrıca, geçirgen yüzeyler yer altı su kaynaklarına ulaşımı kolaylaştırarak su baskını riskini azaltır. Suyun verimli kullanımı sayesinde tatlı su kullanım sınırının korunmasına yardımcı olurken, peyzaj mimarlığı bu sürecin etkinliğini artırabilir (Görsel 6) (Çorbacı, Özyavuz ve Yazgan, 2011).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Tatlı Su Kullanımı ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Okyanus Asitlenmesi: Sınıra Yaklaşıyor (%70 Orta Risk)

Okyanus asitlenmesi, atmosferdeki artan karbondioksit (CO2) seviyelerinin okyanus yüzeyi sularındaki kimyasal dengeyi bozarak çevresel bir soruna yol açmasına denir. Son 200 yıl içinde atmosferdeki CO2 seviyelerindeki artış, okyanuslardaki serbest hidrojen iyonlarının (H+) yaklaşık %30 oranında artmasına neden olmuştur. Bu asidifikasyon, okyanuslardaki karbonat kimyasını etkileyerek, deniz organizmalarının kalsiyum karbonat (aragonit) üretimini zorlaştırır. Aragonit doygunluğu (Ωarag) 1'in altına düştüğünde, aragonit çözünür hale gelir ve bu durum deniz ekosistemlerine zarar verir. Okyanuslardaki aragonit doygunluğunun coğrafi dağılımı, izleme ve analiz süreçlerinde önemli bir faktör oluşturur. Eğer atmosferdeki karbondioksit (CO2) seviyesi 350 ppm seviyesinde tutulursa, okyanus asitlenmesi sınırının aşılması engellenebilir (Steffen ve ark., 2015).

Peyzaj mimarlığı, okyanus asitlenmesinin etkilerini azaltmak ve deniz ekosistemlerini korumaya yardımcı olabilir. Mangrov ormanları gibi kıyı peyzaj tasarımları, deniz ekosistemlerinin korunmasına, karbon tutumuna ve kıyı alanlarında biyoçeşitliliğin artmasına katkı sağlar. Peyzaj kıyı yönetimi uygulamaları ise kıyı erozyonunu önler, yerel ekosistemin sağlığını korurken karbon emisyonlarının azalmasına yardımcı olur. Bu tür peyzaj tasarımları, okyanus asitlenmesi sınırının korunmasına da katkı sağlayabilir (Görsel 7) (Dudley ve ark., 2011).



Görsel 7. Okyanus Asitlenmesi ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Atmosferik Aerosol Yüklenmesi: Henüz Belirlenemedi (Bilinmeyen Risk, %50)

Aerosoller, atmosferde bulunan küçük katı parçacıklar veya sıvı damlacıklar olarak tanımlanır ve hem sağlık hem de iklim üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Sağlık açısından, aerosoller her yıl yaklaşık 7,2 milyon ölüme neden olurken, küresel ve bölgesel iklim sistemleri üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Aerosollerin özellikle bölgesel okyanus-atmosfer dolaşımı üzerindeki etkileri incelendiğinde, günümüzde yıllık ortalama aerosol optik derinliği (AOD)

değeri 0.3 olarak ölçülmekte ve bu değer, belirsizlik bölgesinde yer almaktadır (Steffen ve ark., 2015).

Peyzaj mimarlığı, atmosferik aerosol yükünü azaltmak ve şehirlerde hava kalitesini iyileştirmek için yeşil altyapılar, dikey bahçeler, kent ormanları ve toz ile partikül maddeyi azaltmaya yardımcı olan bitki türlerinin seçilmesi gibi stratejilerle, atmosferdeki aerosollerle ilişkili çevresel ve sağlık sorunlarını hafifletmeye yardımcı olurken, aynı zamanda şehirlerin ekolojik sürdürülebilirliğine katkı sağlar (Görsel 8) (Yaralıoğlu ve Asilsoy, 2021).



Görsel 8. Atmosferik Aerosol Yüklenmesi ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Stratosferik Ozon Tükenmesi: Kontrol Altında (%30 Düşük Risk)

Stratosferik ozon, atmosferdeki güneş ışınlarının zararlı etkilerini engelleyen önemli bir katmandır. Ozon tabakasındaki azalma hem insan sağlığı hem de ekosistemler için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Ozon tükenmesinin izlenmesinde, O3 (ozon) konsantrasyonu Dobson birimleri (DU) cinsinden ölçülür ve bu değerin 275 DU'nun altına düşmemesi gerekir. Son 15 yıl içinde ozon konsantrasyonu düşük seviyelerde sabit kalmış, ancak ozon tabakasını tahrip eden maddelerin yasaklanmasıyla ozon deliğinin onarılması ve iyileşmesi beklenmektedir. İnsan müdahalesi ile bu sınır değerinin aşılmaması sağlanabilir (Steffen ve ark., 2015).

Peyzaj mimarlığı açısından, stratosferik ozonun korunması, çevre dostu ve sürdürülebilir malzeme kullanımı ile sağlanabilir; sürdürülebilir malzemelerin peyzaj tasarımlarında kullanılması, güneş ışınlarını filtreleyebilen ve insanların açık alanlarda güvenliğini sağlayan doğal gölgeleme alanları yaratılmasına olanak tanırken, ozon tabakasının kimyasallardan korunmasına katkıda bulunur (Görsel 9) (Şermet ve Özyavuz, 2018; Kenar ve Ketenoğlu, 2009).



Görsel 9. Stratosferik Ozon Tükenmesi ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

Yeni Varlıklar (Kimyasallar, Plastik ve Diğer Kirleticiler): Kritik Sınır Aşıldı (%100 Yüksek Risk)

Yeni varlıklar, çevreye istenmeyen jeofiziksel ve biyolojik etkiler yaratabilecek maddeler, mevcut maddelerin yeni formları veya değiştirilmiş yaşam formlarıdır. İnsan kaynaklı bu varlıklar, kalıcılık, geniş yayılma ve Dünya sistemleri üzerinde potansiyel etkiler gibi üç ana özelliğe sahip küresel bir tehdit oluşturmaktadır. Bu varlıklar, bilinmeyen kimyasallar veya insan faaliyetleriyle harekete geçirilen ağır metaller gibi bileşenleri içerebilir. Yeni varlıkların çevreye etkileri, örneğin CFC'lerin ozon tabakasına olan beklenmedik etkileri gibi örneklerle kendini göstermektedir. Günümüzde küresel ticarette 100.000'den fazla kimyasal madde bulunmaktadır ve plastiklerin mikroplastiklere dönüşmesi bu sayıyı artırmaktadır. Kimyasal üretiminin hızla artması, kimyasal kirliliğin küresel etkilerini güçlendirmiştir. Kimyasal maddelerin küresel tehdit oluşturup oluşturmadığını belirlemek için üç koşul gereklidir. İlk olarak, kimyasalın önemli bir Dünya sürecini bozması gerekir. İkinci olarak, bu etkinin zamanında keşfedilmemesi, potansiyel tehlikelerin farkına varılmaması anlamına gelir. Üçüncü olarak ise, etkinin geri döndürülemez olması, çevresel hasarın onarılamaz hale gelmesiyle sonuçlanır. Bu üç koşul bir arada olduğunda, kimyasal maddeler küresel bir tehdit oluşturma potansiyeline sahiptir (Steffen ve ark., 2015).

Peyzaj mimarlığında, yeni varlıkların oluşturduğu risklerin azaltılması, yeşil kimya ve sürdürülebilir malzeme kullanımının benimsenmesiyle mümkün olabilir. Özellikle kimyasal kirliliğin önlenmesi amacıyla, tasarım süreçlerinde biyolojik çeşitliliği destekleyen ve doğal dengeyi bozmayan bitki örtüsü seçimleri yapılabilir. Ayrıca, sürdürülebilir malzemelerin kullanımı ve çevre dostu üretim süreçlerinin teşvik edilmesi, yeni varlıkların ekosistem üzerinde yaratabileceği olumsuz etkileri en aza indirebilir (Görsel 10) (Şermet ve Özyavuz, 2018).



Görsel 10. Yeni Varlıklar ve Peyzaj Çözümleri (LookX AI Cloud tarafından yapılmıştır.)

3. PEYZAJ MİMARLIĞININ GEZEGENSEL SINIRLARINA KATKISI

Gezegensel sınırlar, Dünya'nın sürdürülebilirliğini korumak amacıyla insan faaliyetlerinin gezegen üzerindeki etkilerini sınırlamayı hedefleyen önemli bir kavramdır. Peyzaj mimarlığı, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden tasarımlar üretme gücüne sahip bir disiplin olarak, bu sınırlar çerçevesinde önemli bir rol oynamaktadır. Her bir gezegensel sınır, peyzaj mimarları tarafından doğrudan ele alınabilir ve peyzaj planlama ve tasarımı aracılığıyla sınırların aşılmaması ve çevresel etkilerin minimum seviyede tutulması için stratejiler geliştirilebilir. Bu şekilde, peyzaj mimarlığı gezegenin ekolojik dengesini koruyarak sürdürülebilir yaşam alanları yaratılmasına katkı sağlar.

İklim değişikliği ile mücadelede, yeşil altyapı çözümleri ve karbon tutma potansiyeli yüksek bitkilerin kullanımı, peyzaj tasarımlarında önemli bir yer tutmaktadır. Biyosfer bütünlüğünün korunmasında yerel bitki türlerinin kullanımı ve habitat koridorlarının oluşturulması, biyoçeşitliliği artırarak ekosistemlerin dayanıklılığını güçlendirebilir. Biyojeokimyasal akışların yönetimi, özellikle fosfor ve azot döngülerinin dengelenmesi, doğal döngüleri destekleyen tasarımlar aracılığıyla sağlanabilir. Arazi sistemindeki değişiklikleri engellemek,

ormanlaştırma ve ekosistem restorasyonu ile mümkündür. Bu yaklaşımlar, biyosferin ve kara sisteminin sağlıklı işleyişini sürdürebilir. Tatlı su kullanımını optimize etmek için su tasarrufu sağlayan peyzaj planlamaları ve yağmur suyu hasadı gibi çözümler, bu gezegensel sınırın korunmasına katkı sağlar. Okyanus asitlenmesi gibi daha spesifik sınırlar da su ekosistemlerine zarar vermemek için biyolojik çeşitliliği destekleyen peyzaj stratejileri ile yönetilebilir. Peyzaj mimarlığı, gezegensel sınırların korunmasında önemli bir etkiye sahiptir; bu sınırların aşılmaması, sürdürülebilirliği sağlamak açısından fayda sağlar. Çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen tasarım ve planlamalarıyla gezegenin sağlığını korumanın yanı sıra, insanların yaşam kalitesini iyileştiren alanlar da yaratır.

Peyzaj mimarları, tasarım ve planlama yaparken gezegen sınırları kritiklerini göz önünde bulundurarak hareket etmeli ve buna göre çalışmalarını şekillendirmelidirler. Bu sayede, sürdürülebilir, yaşanabilir ve ekolojik açıdan üst düzey kent ve kırsal yaşam seviyelerine ulaşılabilir, geleceğimizin mevcut durumu daha iyi hale getirilebilir.

KAYNAKÇA

Aslan, H. ve Uslu, A. (2021). Biyoçeşitliliğin Geliştirilmesi İçin Polinatör Böcekleri Çeken Bitki Türlerinin Kentsel Peyzajda Kullanımı: Kalecik Örneği. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 6(1), 358-373. https://doi.org/10.30785/mbud.888300

Çorbacı, Ö.L., Özyavuz, M. ve Yazgan, M.E. (2011). Peyzaj Mimarlığında Suyun Akıllı Kullanımı: Xeriscape. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(1), 25-31. ISSN: 1308-3945

Demiroğlu, D., Karadağ, A. A. ve Cengiz, A. E. (2019). Türkiye'de yeşil alt yapı sisteminin uygulanabilirliği üzerine bir değerlendirme. Peyzaj, 1(2), 12-21.

Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., MacKinnon, K., Sandwith, T. ve Sekhran, N. (Eds.). (2010). Natural solutions: Protected areas helping people cope with climate change. IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, World Bank, & WWF. Gland, Switzerland; Washington, DC; & New York, USA.

Emir, H. N. S. ve Yıldırım, E. (2024). Bozulan Peyzajların İyileştirilmesi ve Öğrenme Ortamı Olarak Değerlendirilmesi "The Eden Project". Peyzaj, 6(1), 15-30. https://doi.org/10.53784/peyzaj.1495581

Erdoğan Onur, B., ve Demiroğlu, D. (2016). Kentsel sürdürülebilir mekânlar: Ekolojik parklar. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(1), 340-355. https://doi.org/10.17099/jffiu.47580

Gül, A., Tuğluer, M. ve Akkuş, F. G. (2021). Kentsel Yol Ağaçları Envanteri ve Karbon Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi. Turkish Journal of Forest Science, 5(2), 516-535. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.979778

Kenar, N. ve Ketenoğlu, O. (2009). Güneş Kaynaklı Ultraviyole Radyasyonunun Karasal Ekosistemler Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 2(33), 67-77.

Kiper, T. ve Korkut, A.B. (2021). Peyzaj Mimarlığına Giriş. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-

Erlandsson, L., Weber, L. ve Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science Advances, 9(37), eadh2458. https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., ve Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855

Şermet, R. ve Özyavuz, M. (2018, Kasım). Peyzaj mimarlığında sürdürülebilir malzeme kullanımı. M. Özyavuz (Oturum başkanı), V. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Sempozyumu [Sempozyum kitabı]. Multidisipliner Çalışmaları Sempozyumu Düzenleyicisi, Ankara, Türkiye.

Yaralıoğlu, İ. ve Asilsoy, B. (2021). Yeşil Altyapı Kavramının Teorik Bir Çerçevede Değerlendirilmesi. YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 3(1), 46-58.

Özkaplan Yörüklü, N. (2021). İklim Değişikliği ve Küresel Isınma İçin Peyzaj Mimarlığı Stratejileri: İklim Değişikliği Politikaları Peyzaj Beyanı. Peyzaj, 3(1), 43-55. E-ISSN 2687-2358

URL1: Planetary boundaries. (b.t.). Stockholm Resilience Centre. https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html Son Erişim Tarihi: 27.12.2024

URL2: Sulak Alan Ekosistemleri ve Önemi, (B.T.). TEMA https://sutema.org/sulak-alan-ekosistemleri-ve-onemi Son Erişim Tarihi: 27.12.2024

URL3: Planetary boundaries: The 9 boundaries explained with thresholds, (b.t.). Institute of Sustainability Studies. https://instituteofsustainabilitystudies.com/insights/lexicon/planetary-boundaries-explained-with-thresholds/ Son Erişim Tarihi: 29.12.2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BELLEK VE MEKAN: KENTSEL TASARIMLARDA HAFIZA SARAYI PERSPEKTİFİ

Doç. Dr. Elif SAĞLIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
elifsaglik@comu.edu.tr - 0000-0002-5230-3869

Yl. Öğr. Emine Berfin MINKARA
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
minkara6464@gmail.com - 0009-0001-0003-5065

Arş. Gör. Merve TEMIZ TOPSAKAL
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
mervetemiz@comu.edu.tr-0000-0002-6662-4399

ÖZET

Bu çalışma, hafıza sarayı tekniğinin mekansal unsurları üzerinde yapılan literatür ve kavramsal araştırmaları içermektedir. Hafıza sarayı tekniği, bilgiyi akılda tutmak amacıyla yapılan görsel organizasyondur. Hafıza teknikleri, materyallere görsel imgeler ile yapı ve anlam yükleme eylemidir. Çalışma, hafıza sarayı tekniği ile kentsel tasarım disiplininin entegrasyonu için yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Mekansal algı, görsel hafıza ve mekân yaratma süreçleri bağlamında değerlendirmeler yapılmıştır. Kentsel mekânın organizasyonunda hafıza sarayı yönteminin etkin kullanımını sağlamaya yönelik ana başlıklar belirlenmiştir. Başlıklar; mekân belirlemek, rota oluşturmak ve tasarım materyallerini oluşturmaktadır. Bu başlıklar ışığında, hafıza sarayı tekniğinin kentsel tasarıma entegre edilerek kullanıcıların mekânla kurduğu bağın güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Hafıza sarayı tekniği ile kentsel tasarım entegrasyonu, kentsel tasarımda yenilikçi bir yöntem olarak potansiyelini vurgulamakta ve tasarım süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel tasarım, hafıza sarayı tekniği, mekan, bellek.

1.GİRİŞ

Modern yaşamın getirdiği yoğunluk, bireyler üzerinde zihinsel ve fiziksel olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilmesinde, fiziksel ve zihinsel aktiviteler önemli bir rol oynar. Zihinsel aktiviteler, bireylerin bilişsel yeteneklerinin gelişmesini sağlar. Eğitim alanları dışındaki sosyal koşullar altında bu aktiviteleri sürdürmek, bireyler üzerinde olumlu geri dönütler oluşturmaktadır.

Kentsel alanlarda tasarlanan mekanlar, bireylerin fiziksel aktivitelerin beraberinde zihinsel aktivitelere de ortam sağlamaktadır. Zihinsel aktivitelerin gerçekleştirilebildiği mekanların tasarlanmasında, bu aktivitelerin neler olduğu ve hangi kriterler doğrultusunda sağlandığını

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

bilmek oldukça önemlidir. Zihinsel aktiviteyi oluşturan kavramlar, aynı zamanda mekanların oluşmasını sağlamada yol gösterici olmaktadır. Kentsel mekanlar, kişilerin bireysel zihin gelişimleri dışında toplumsal hafızalarını geliştirmek için de tasarlanmalıdır. Hafıza ve zihinsel kalıntılar, toplumsal ve kolektif özelliklere sahiptir (Halbwachs, 2016).

Kentsel tasarım, estetik değerlerin yanı sıra duygusal ve zihinsel deneyimlerin oluşmasına katkı sağlayan bir disiplindir. Mekan kullanıcılarının etkileri sadece fiziksel çevre ile sınırlanmamaktadır. Kullanıcıların mekan ile etkileşimleri bireysel/kolektif hafızalarını da yansıtmaktadır. Bu bağlamda, tasarımların hafıza kavramı ile entegrasyonunda, mekan kullanıcılarının mekan üzerindeki etkileri ile mekanın kullanıcılar üzerinde bıraktığı olumlu etkilerin korunarak tasarımın nasıl geliştirilebileceği araştırılmaktadır.

Kentsel tasarımların hafıza kavramıyla olan entegrasyonu Hafıza Sarayı Tekniği (Method of Loci) ile sağlanmaktadır. Hafıza Sarayı Tekniği, hafızada kalıcı hale gelmesi gerekli bilgilerin zihinde hayali mekanlara dönüştürülmesidir. Zihin içerisinde imgeler ile hatırlama eylemi gerçekleştirilmektedir (Açıkgöz, 1986). Mekan tasarımlarında kalıcı etkilerin artırılması için tekniklerin görsel etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Hafıza tekniğinin uygulama aşamaları, kentsel tasarım süreçlerinde akılda kalıcı mekan öğelerinin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikle seçilen mekanların tasarım mekanları olarak kullanılması, akılda kalıcı mekan içi rotalar, tematik ve duyusal bahçeler, yönlendirici işaretler ve bilgilendirme alanları gibi birçok zihinsel uyarana hitap eden uygulamaların oluşturulmasını sağlamaktadır. Hafıza ile mekan tasarım ilişkileri göz önünde bulundurularak mekan belleği oluşumları ile zihinsel kodlamaların nasıl oluşturulabileceği ortaya konmaktadır. Böylece daha kaliteli mekanların oluşturulması için önemli bir entegrasyon sağlanmaktadır (Özak ve Gökmen, 2009).

Çalışma içeriğinde hafıza sarayı tekniğinin tasarım çerçevesinde incelenmesi amaçlanmıştır. Kentsel tasarımların geliştirilmesi ve kullanıcı üzerindeki olumlu etkilerin artırılması için farklı yöntemlerin tasarım süreçlerine entegrasyonunun pozitif dönütler sağladığı görülmektedir. Hafıza/bellek tekniği çalışmalarında, mekân öğesinin ve onu oluşturan tasarım süreçlerinin bir parçası olduğu gösterilmektedir. Hafıza kavramının insanın olduğu her alanda etkin bir rol oynadığı belirtilmektedir.

2. HAFIZA SARAYI TEKNİĞİ

Hafıza teknikleri bilgiyi akılda tutmak amacıyla yapılan kodlama stratejileridir. Hafıza teknikleri materyallere görsel imgeler ile yapı ve anlam yüklemektir. Ayrıca bu teknikler bireyin materyal nitelikleri arasında ilişki kurmasını sağlamaktadır. Özelliklerin basit tekrarı ile materyali zihine işlemeye zorlamaktadır (Butcher, 2000).

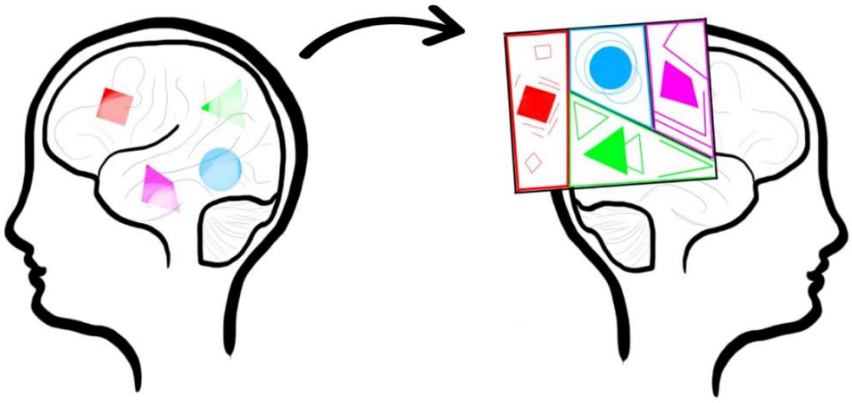
Hafıza teknikleri arasında mekansal ilişkinin kolaylıkla oluşturulduğu Hafıza sarayı tekniği bilginin akılda kalıcılığını arttırmak, belleği güçlendirmek için mekansal ve görsel zekanın kullanıldığı etkin bir eylemdir (Tuna ve Ünal, 2023). Hafıza sarayı tekniğinin etkisi incelendiğinde, bu yöntemin bellek geliştirme üzerindeki etkisi belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Araştırmalar, hafıza sarayı tekniğinin, bireylerin belirli bir çevredeki nesneleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hatırlama yeteneğini artırdığını ve bunun oldukça etkili bir eylem olduğunu göstermektedir (Mastrogiorgio ve diğerleri, 2021).

Hafıza sarayı tekniği ile oluşturulan "hafıza sarayları" kişinin tanıdık mekansal ilişkilerinin oluşturulduğu zihinsel alanlardır (Dalgeish ve diğerleri, 2012). Loci yöntemi olarak adlandırılan hafıza saratı tekniği, bilindik rotaların ve mekanların oluşturulmasını sağlayan bir tekniktir (Qureshi ve diğerleri, 2014).

Hafıza sarayı tekniği, farklı zihinsel mekanlar oluşturarak rotalar belirler. Bireyin önem sırasına göre bellekte tutmak istediği materyaller, zihinde belirgin mekanlar oluşturur. Bu sayede, mekanlar arasında ayrımlar ortaya çıkar. Loci yöntemiyle oluşturulan zihin haritalarının mekan ilişkisi, somut anlamda bir evin farklı odaları olarak düşünülebilir. Bu odalar, farklı işlevler için ayrılmış olup çeşitli materyalleri içerebilir. Bir mekânda, farklı kavramlar görsel materyallerle eşleştirilmiş ve bu materyallerin mekânsal düzeni, kavramlar arasındaki ilişkileri görselleştiren bir şema oluşturmuştur (Görsel 1). Mekân içindeki kavramların kalıcılığı, kavramları destekleyen materyallerle oluşturulan şemada görsel olarak ifade edilmiştir.



Görsel 32. Görsel Materyallerle Kavramların Kalıcılaştırılması

Araştırma, hafıza saraylarının mekansal ilişkilerinin somut olarak nasıl ele alınacağını ortaya koymaktadır. Akılda kalıcı kentsel mekanların oluşturulmasında loci yönteminin kullanımı sağlanmıştır. Bu bağlamda, hafıza saraylarını kentsel mekanlar olarak ele alan bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Hafıza sarayı tekniğinin bellek güçlendirme üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, mekânsal ve görsel zekânın etkin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Bu teknik, yalnızca bireysel bellek geliştirme stratejileri için değil, aynı zamanda kentsel tasarımlarda da uygulanabilir niteliktedir. Kentsel alanların tasarımında hafıza sarayı tekniğinin kullanımı, kullanıcıların mekânları daha iyi hatırlamalarını ve yön bulma süreçlerini kolaylaştırmalarını sağlayabilir. Bu nedenle, kentsel alanların hafıza sarayı tekniğiyle nasıl oluşturulabileceğini incelemek, hem teorik hem de pratik açıdan önemli bir araştırma konusu olarak değerlendirilmektedir.

3. HAFIZA SARAYI TEKNİĞİ İLE KENTSEL TASARIM ENTEGRASYONU

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

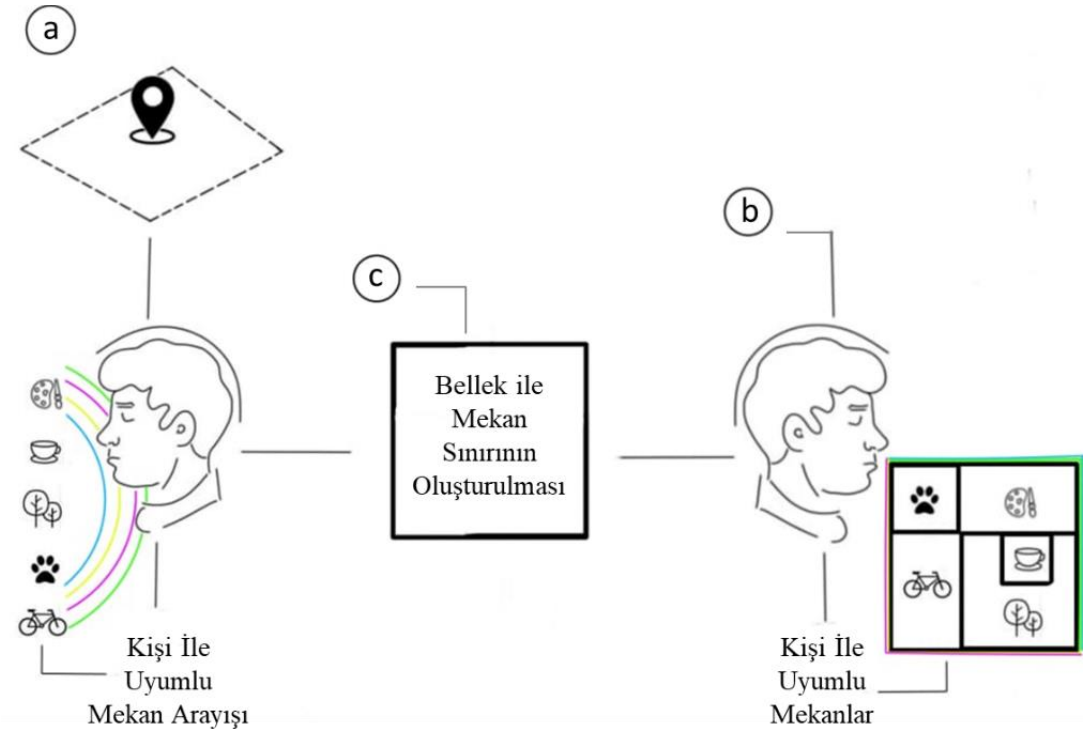
Çalışma kapsamında, kentsel tasarımlarda hafıza sarayı tekniğinin entegrasyonu incelenmiştir. Kavramlara yönelik literatür araştırmaları yapılmış ve hafıza sarayı tekniğinin tasarımsal boyutu ele alınmıştır. Hafıza sarayı tekniği, bilgilerin, görsellerin ve diğer bileşenlerin hatırlanması ve organize edilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin kentsel tasarımda kullanımı ile mekânların ve öğelerin daha etkili bir şekilde tasarlanabileceği yaklaşımı ortaya konulmuştur.

Literatür araştırmaları ilk olarak hafıza sarayı tekniğinin temel prensipleri ve bu tekniklerin uyumlandığı tasarım öğelerinden oluşturulmuştur. Kentsel tasarımlarda hafıza sarayı tekniğinin kullanımı ele alınmıştır. Kentsel tasarım mekanları entegrasyon süreçleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Entegrasyonu destekleyen kriterleri başlıklar altında açıklanmıştır. Makaledeki her başlık, görsel bir şema ile desteklenerek, anlatılan konunun daha iyi anlaşılması sağlanmıştır.

3.1. Mekân Belirlemek

Hafıza sarayı tekniğinin uygulanmasındaki ilk adım, mekan seçimidir. Bu teknik, kişinin kendisiyle uyumlu bir oda, bahçe veya ev gibi sınırları belirli bir mekan seçmesini gerektirir. Kentsel tasarım entegrasyonunda ise mekan seçimi, kişinin tercih ederek vakit geçirdiği bir peyzaj alanı olarak ele alınır. Alanın sınırları net bir şekilde belirlenmelidir. Bu sayede, kişi bellek sınırlamaları ile mekanın etkisini daha net kavrayabilir ve daha sonra hatırlayabilir. Hafıza sarayı tekniğinde hatırlanması istenilen kavramlar için zihinde ayrıştırılan her bir bölge, kentsel alanların oluşturulmasındaki temel süreç olan biçimsel tasarımların sonraki aşamalarda isimlendirilmesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, hafıza sarayı tekniği sürecinin tasarım mekanının belirlenmesinde etkin bir şekilde uygulanabilmesi için izlenmesi gereken süreçler görsel şema olarak aşağıda verilmiştir (Görsel 2)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 33. Mekan Belirlenme Süreci

a) ***Mekan Seçimi***: Kişinin kendisiyle uyumlu ve sınırları belirli bir mekan seçmesi gereklidir. Bu mekan, kişinin rahatça hatırlayabileceği ve zihninde canlandırabileceği bir yer olmalıdır.

b) ***Kentsel Mekan Entegrasyonu***: Kentsel tasarımda, kişinin vakit geçirdiği ve tercih ettiği alanlar dikkate alınmalıdır. Bu alanların sınırları net bir şekilde belirlenmeli ve görsel olarak tanımlanmalıdır. Kullanıcı yoğunluğu dikkate alınarak, ortak aktivitelerin gerçekleştirilebileceği kentsel mekanlar oluşturulmalıdır.

c) ***Bellek Sınırlamaları ve Mekan Etkisi****:* Kişi, seçtiği mekanın sınırlarını ve özelliklerini net bir şekilde kavramalıdır. Bu, bellek sınırlamaları ile mekanın etkisini daha iyi anlamasına ve hatırlamasına yardımcı olmaktadır.

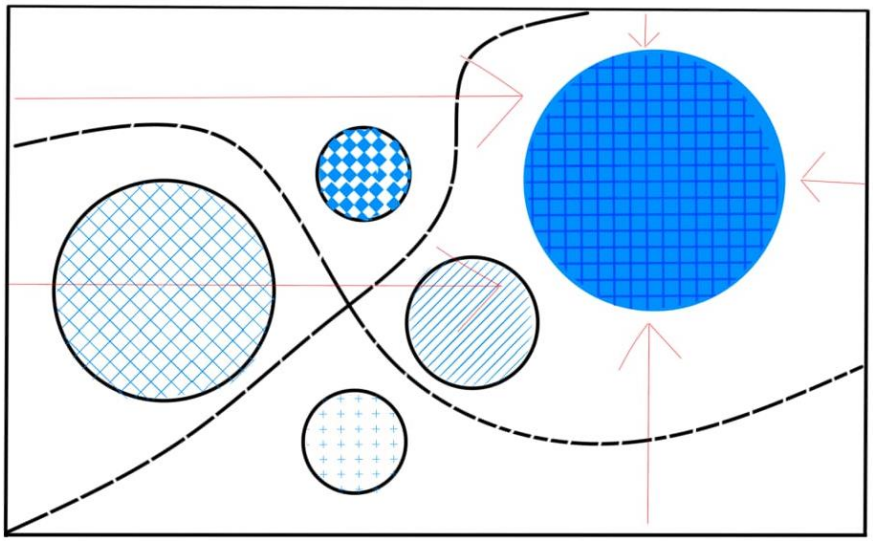
3.2. Rota Oluşturmak

Kentsel tasarımlar, mevcut alan sınırları içerisinde gerçekleştirilen biçimsel çalışmalar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmaların ardından, mekan isimleri ve fonksiyonları belirlenmektedir. Fonksiyonlar arasında mekan rotaları ve sirkülasyonları oluşturulmaktadır. Bu rotalar, kullanıcının mekanı rahatlıkla okuyabilmesini ve yönlendirilmesini sağlamaktadır.

Çalışmada, kentsel alanlardaki rotalar, hafıza sarayı tekniğindeki zihin rotalarıyla uyumlu hale getirilmiştir. Kullanıcı için seçilen alan sınırları içerisinde gezinti halindeki bireyler, akılda kalıcı güzergahlar sayesinde zihin netliği kazanarak alanı daha etkili bir şekilde tanıyabilmektedirler. Hafıza sarayı tekniğinde benzer ve aynı kavramlar için varılan noktalar, aynı fonksiyonellikte olan kentsel alanları da temsil etmektedir. Kentsel alanlardaki benzer mekanların benzer rotalara sahip olması, kişinin zihinsel olarak alandaki varlığını organize

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

etmesini sağlamaktadır. Zihinde kalıcı mekan içi rota kriterleri verilmiştir. Mekan hiyerarşisi, odak noktalarının sınırları belirli bir alanda algılanmasını anlatan görsel şema oluşturulmuştur (Görsel 3).



Görsel 3. Mekan Hiyerarşisi, Odak Noktaları ve Malzeme Çeşitliliğinin Belirli Bir Alanda Algılanması

a)*Mekan Hiyerarşisi:* Kentsel alanlar içerisindeki kullanımlar, biçimsel tasarımın dışına çıkılmadan düzenlenmelidir. Ana güzergahlar, geniş ve kalın çizgilerle belirginleştirilerek, yan kullanımların ana kullanımlar etrafında şekillendirilmesi ve yönlendirici olması sağlanmalıdır. Görsel hiyerarşi tasarımlarda önemli bir unsurdur. Mekan unsurları mekana bağlı olarak görsel bir hiyerarşi oluşturmaktadır. Mekan öğelerinin yerleşimi ve deseni anlaşılır olmalıdır. Böylece kullanıcının baskın olan öğeyi görmesi ve hatırlaması sağlanmaktadır (Turhan, 2016).

Hafıza sarayındaki rotalarda, önem sırasına göre bireylerin yarattığı kavram dağılımları mevcuttur. En çok hatırlanması istenilen kavramın bulunduğu bölge, diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrıştırılmaktadır. Kentsel alan tasarımlarındaki rotanın belirlenmesi ve çevre kullanımlarının oluşturulması, bu olay ile uyumlu hale getirilmelidir. Kullanıcının mekandaki kullanımları rota ile derecelendirip akılda tutması ve mekanları ayrıştırabilmesi için, hafıza sarayı tekniğinin entegrasyonu bu bağlamda değerlendirilmiştir.

b) Odak Noktaları: Hafıza sarayında ilerleyen birey, gerekli kavram ve bilgileri belirli bölgelere ayırmaktadır. Her bölge için farklı görselleri zihninde oluşturmak amacıyla belirli bir noktaya yerleştirmektedir (Açıkgöz, 1986). Kentsel alanlarda hareket eden kullanıcı ise, farklı bölgeler arasındaki geçişlerini hatırlamak ve yönünü rahatlıkla bulabilmek için odak noktaları oluşturmaktadır.

Çalışmada, hafıza sarayında kavramlar arası geçişler ile kentsel tasarımlardaki mekan geçişleri arasında paralellik kurulmuştur. Rota belirlenirken, bölgeler arası geçişlerde görsel çekiciliği olan unsurların (heykel, anıt, soliter bitki, çeşme vb.) kullanılması gerektiği değerlendirilmiştir. Bu unsurlar, kullanıcıların mekansal hafızasını güçlendirmek ve yön bulma süreçlerini kolaylaştırmak amacıyla stratejik olarak yerleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

c) ***Doku ve Malzeme Çeşitliliği****:* Hafıza sarayı oluşturulurken malzeme, mekan ve kavram çeşitliliği, tekniğin etkinliğini artırmaktadır. Kentsel tasarımlarda mekanların dokusal ayrımı, aynı zamanda fonksiyonel ayrımlarını da temsil edebilmektedir. Mekanlar arasında belirlenen rotanın, kullanıcıda "ahşap alan" veya "kare zeminli yer" gibi ifadelerle zihninde ayrıştırıcı bölgeler oluşturması gerekmektedir.

Hafıza sarayı tekniğindeki doku çeşitliliği, somut anlamda kentsel tasarımlarda kullanılmaktadır. Bu noktada, hafıza sarayındaki rotalar, renk, doku ve malzemeler ile ayrılmış bölgeleri temsil etmektedir. Tasarımlarda rota üzerindeki noktaları çözümlemek, kullanıcının alanı okuyabilmesi için yapısal süreçteki uygulamalarla hafıza sarayı tekniğindeki çeşitli görsel ayrımlar ile benzerliği belirtilmiştir.

3.3. Tasarım Materyalleri

Hafıza sarayı tekniğinde, kavramların hatırlanmasını kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan mekanlarda, kavramı destekleyici öğelere yer verilmektedir. Bu öğeler, kavramın boyutu, rengi ve tekrarlama durumlarına göre değişiklik göstermektedir. Kentsel tasarımlarda ise mekanlar içerisindeki bitkisel ve konstrüksiyonel materyaller, zihin bölgelerindeki hatırlatıcı materyaller ile eşleştirilmiştir.

Kentsel tasarımlarda, mekan içerisinde biçimi destekleyici materyaller kullanılmaktadır. Bu materyallerin tasarımı, ana öğeler etrafında şekillenmektedir. Tasarım alanının genel biçim nitelikleri ve destekleyici materyalleri dengeli bir şekilde tasarlanmalıdır (Erdoğan ve Erdinç, 2009). Hafıza sarayındaki ana kavramın akılda kalıcılığını artırmak için kullanılan materyaller (renk, şekil, tekrarlayan kelimeler), hafıza sarayındaki mekanlarda ana öğeyi destekleyici olmalıdır ve ana öğeyle uyumlu niteliklere sahip olmalıdır. Böylece kavramın veya bilginin akılda kalıcılığı artmaktadır. Kentsel tasarımlarda da materyallerin ana öğe ile olan uyumluluğu, kullanıcılar üzerinde kalıcı etkiler bırakmaktadır. Hafıza sarayı tekniği ile kentsel tasarımlarda benzer şekillerde oluşturulan materyallerin kullanımı, çalışma içeriğinde su, kültürel ve sanatsal unsurlar açısından değerlendirilmiştir. Kentsel tasarım alanlarının sınırları ile hafıza sarayı tekniği ile oluşturulan zihin bölgeleri içerisindeki öğelerin entegrasyonu incelenmiştir.

a) ***Mekan Unsurlarının Çok Amaçlı Kullanımı:*** Mekanların farklı zamanlarda farklı amaçlarla kullanılabilecek şekilde tasarlanması alanların işlevselliğini arttırmaktadır. Zihin mekanlarının esnekliği ve dönüştürülebilir olması kentsel alanların tasarım boyutunda uygulanmalıdır. Bu bağlamda tasarımlara ait materyallerin de değişimi söz konusudur. Materyallerin sürdürülebilir olması, tasarım biçimine kolaylıkla uyarlanabilmesi ve hem estetik hem de işlevsel anlamda alanın her bölgesiyle uyumlu olması, tasarım alanının kullanımını artırmak ve mekan etkisini sürdürmek için uygundur.

Hafıza sarayında, zihin bölgelerindeki hatırlatıcı materyaller, çeşitli kavramlar için aynı anda ve aynı nitelikte kullanılabilmektedir. Kentsel alan tasarımlarında bu yaklaşımın değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Kentsel tasarımlarda kullanılan materyallerin, hafıza

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sarayındaki hatırlatıcı materyallerle benzer şekilde işlev görmesi, tasarımın hem estetik hem de işlevsel boyutunu olumlu yönde etkileyebilmesi ncelenmiştir.

b) ***Su Unsurlarının Kullanımı*****:** Kentsel tasarımlarda su unsurunun kullanımı oldukça önemlidir. Mekanda hem estetik hem de işlevsel gereksinimleri gidermede etkili rol oynar (Rubenstein, 1992). Suyun görsel niteliği olan yansıtıcılık özelliğinin canlandırıcı etkisi vardır. Bu özellik, sembolize edilmesi istenilen kavramları ve düşünceleri benimsemek için kullanılmaktadır (Gençtürk, 2006).

Suyun kent merkezlerinde, parklarda ve çeşitli kentsel rekreasyon alanlarında kullanımı, mekan içerisinde odak olarak verilmesi istenen mesajın etkili şekilde iletilmesini sağlamaktadır. Hareketli su öğeleri, metafor veya sembolleri ifade edebilmektedir. Heykellerin ve suyun entegrasyonu, sembol olarak kullanılabilmektedir (Symmes, 1998).

Su unsuru, hafıza sarayı tekniğinde de kullanılabilmektedir. Suyun kullanımı, hatırlatma eyleminin etkili ve kalıcı olmasını sağlayabilmektedir. Zihinsel imgeleri destekleyici bir materyal olabilmektedir. Örneğin, bir bilginin hatırlanması için suyun beraberinde getirdiği çağrışımlar kullanılabilir. Böylece zihinde canlı kalması istenilen kavram desteklenmiş olur. Suyun canlandırıcı özelliği, hafıza sarayı tekniğinde kavramların yenilenmesi için gerekli bir unsurdur. Bilgiyi zihinde daha canlı ve unutulmaz hale getirir. Bu nedenle, kentsel tasarımlardaki kullanımı göz önünde bulundurularak benzer bir yaklaşım benimsenebilmektedir.

c) ***Sanat ve Kültürel Unsurlar:*** Kentsel tasarımlarda uygun mekanlar oluşturulurken, kullanılan materyallerin yanı sıra kent kimliğini yansıtan öğeler de değerlendirilmelidir. Özellikle tarihi etmenlerin kent kimliği üzerindeki etkisi oldukça büyüktür (Çelik ve Yazgan, 2007). Kent kimliğine özgü simgelerin ve kültürel unsurların kentsel mekanlarda yer alması oldukça önemlidir. Bu durum, kent kullanıcısının sanatsal ve kültürel imgelere ulaşmasında tamamlayıcı bir rol oynamaktadır.

Sanatsal ve kültürel unsurların kentsel tasarımlarda kullanımı, hafıza sarayı tekniği ile bir bağlantı oluşturulmasını sağlamaktadır. Kentsel alanlarda bulunan sanat eserleri ve heykeller, belirli dönemlerde yaşanılan olayların hatırlanmasını görsel anlamda desteklemektedir. Bu unsurlar, kişinin hatırlamasını istediği belirli noktaları temsil edebilmektedir.

Kentsel tasarımlarda kullanılmak istenilen sanatsal ve kültürel unsurların mekan içerisindeki organizasyonu, hatırlanması istenilen bilginin zihin haritalarında düzenli bölümler halinde oluşturulmasına yardımcı olabilmektedir. Örneğin, bir parkın belirli bölümleri, farklı bilgi kategorilerini temsil edecek şekilde düzenlenebilmektedir.

Kentsel alanlarda oluşturulan sanatsal ve kültürel faaliyetler, kişilerde olumlu zihinsel ve fiziksel etkilere sahiptir. Kentsel alanlardaki görsel, işitsel ve dokunsal etkinlikler, hafıza sarayında belirli bilgileri hatırlatmak için kullanılabilir. Kişiler, bu etkinliklerde kurdukları duyusal ve duygusal bağlantılar sayesinde zihindeki bilgilerin kalıcılığını artırabilmektedir.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu çalışma, kentsel tasarımın hafıza sarayı tekniği ile entegrasyonunu incelemektedir. Hafıza sarayı tekniği, bilgilerin zihinde daha kalıcı ve etkili bir şekilde saklanmasını sağlayan bir yöntem olarak, kentsel mekanların tasarımında yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Çalışmada belirlenen kriterler doğrultusunda, mekân belirleme, rota oluşturma ve tasarım materyalleri gibi başlıklar altında detaylı değerlendirmeler yapılmıştır.

Kentsel tasarımdaki önemli unsurların hafıza sarayı tekniği ile kesişim noktaları belirlenmiş ve bu doğrultuda belirli başlıklar altında entegrasyonu sağlayan unsurlar ele alınmıştır. Bu başlıklar, bağlantı kriterlerini oluşturmaktadır. Özellikle görsel ve işlevsel entegrasyonun sağlandığı bu bağlantı kriterleri, her iki konu kapsamında detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir

“Mekân Belirlemek” başlığı altında, mekan seçimi, kentsel mekan entegrasyonu ve bellek sınırlamaları ile mekan etkisi incelenmiştir. Mekan oluşturmanın her iki konu için benzer niteliklere sahip olduğu değerlendirilmiştir. Böylece, hafıza sarayı tekniği özelliklerinin kentsel mekanlara uyarlanabilirliği ve nasıl daha etkili kullanılabileceği gösterilmiştir. Mekan oluşturulurken, ister somut ister soyut anlamda, belirli sınırların olması gerekliliği belirtilmiştir.

“Rota Oluşturmak” başlığında, mekân hiyerarşisi, odak noktaları ve doku ile malzeme çeşitliliği gibi unsurlar ele alınmıştır. Mekân hiyerarşisi ile oluşturulan somut veya zihinsel mekânların, önem sırasına göre yerleştirildiği ve önemli olan bölgelerin/mekânların belirgin bir şekilde ayrıldığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, kişi zihinsel ortamında veya kentsel alanlarda önem sırasına göre rota dizilimini gerçekleştirmektedir. Mekân hiyerarşisi aynı zamanda odak noktalarıyla da bağlantılıdır. Odak bölgeler, rotanın ana kısımlarını oluşturmaktadır. Bölgeler içerisinde, kentsel alanlarda merkezi noktalarda kullanılan yapısal elemanlar, zihinsel alanlardaki önemli kavramları temsil etmektedir. Doku ve malzeme çeşitliliği, mekânlar arasındaki belirgin farkları oluşturarak, mekândaki rotanın kolaylıkla okunabilmesini sağlamaktadır. Bu durum, mekansal deneyimi zenginleştirmekte ve hatırlanabilirliği artırmaktadır.

Tasarım Materyalleri başlığı altında ise mekan unsurlarının çok amaçlı kullanımı, su unsurlarının kullanımı ve sanat ile kültürel unsurların entegrasyonu ele alınmıştır. Bu unsurlar, kentsel tasarımların hem estetik hem de işlevsel boyutlarını çeşitlendirirken, hafıza sarayı tekniğinin uygulanabilirliğini de artırmaktadır. Su unsurları, hatırlatıcı materyallerin daha etkili ve kalıcı olmasını sağlarken, sanat ve kültürel unsurlar, belirli bilgilerin zihinde daha canlı kalmasına yardımcı olmaktadır.

Sonuç olarak, hafıza sarayı tekniği ile kentsel tasarım entegrasyonu, mekânsal deneyimi zenginleştirmek ve hatırlanabilirliği artırmak için güçlü bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu entegrasyon, kentsel alanların hem estetik hem de işlevsel boyutlarını geliştirirken, kullanıcıların zihinsel ve duygusal bağlantılar kurmasına da olanak tanımaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu entegrasyonun farklı kentsel alanlarda uygulandığında etkilerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilecekleri rehber bir çalışma olarak oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

Açıkgöz, K. Ü. (1986). Öğrenmeyi Ve Hatırlamayı Kolaylaştırma Yolları. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1(1), 115-119.

Çelik, D., & Yazgan, M. E. (2007). Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa Ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9(11), 1-10.

Dalgleish, T., Navrady, L., Bird, E., Hill, E., Dunn, B. D., & Golden, A.-M. (2013). Method-of-loci as a mnemonic device to facilitate access to self-affirming personal memories for individuals with depression. Clinical Psychological Science, 1(2), 156-162. https://doi.org/10.1177/2167702612468111

Erdoğan, E., & Erdinç, L. (2009). Peyzaj Tasarımı ve Feng-Shui. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(3), 291-301.

Gençtürk, Z. İ. (2006). Meydanlarda su öğesi tasarımı: Sultanahmet ve Beyazıt meydanları incelemesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Halbwachs, M. (2016). Hafızanın Toplumsal Çerçeveleri (Büşra Uçar, Çev.). İstanbul: Heretik Yayınları.

Mastrogiorgio, A., Zaninotto, F., Maggi, F., Ricciardi, E., Lattanzi, N., & Malizia, A. P. (2021). Enhancing organizational memory through virtual memoryscapes: Does it work? Frontiers in Psychology, 12, 683870. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.683870

Öymen Özak, N., & Pulat Gökmen, G. (2009). Bellek ve mekan ilişkisi üzerine bir model önerisi. İTÜ Dergisi / A Mimarlık, Planlama, Tasarım, 8(2), 145-155.

Qureshi, A., Rizvi, F., Syed, A., & Shahid, A. (2014). The method of loci as a mnemonic device to facilitate learning in endocrinology leads to improvement in student performance as measured by assessments. AJP Advances in Physiology Education, 38(2), 140-144. https://doi.org/10.1152/advan.00092.2013

Symmes, M. (1998). Fountains splash and spectacle: Water and design from the Renaissance to the present. Rizzoli International Publications.

Turhan, T. (2016). Lighting design proposal for the university library: The study of library lighting in relationship between visual hierarchy and human perception (Yüksek lisans tezi).

Yeniçeri Tuna, K., & Topçuoğlu Ünal, F. (2023). Hafızada tutma tekniği ile ilgili konuşma etkinlikleri. Dumlupınar Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 171-188.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BATMAN İLİ İÇİN GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİNİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Fırat HAMARAT
Batman Üniversitesi
fhamarat.72@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-8244-5144

Doç. Dr. Hakan KARAKAYA
Batman Üniversitesi,
hakan.karakaya@batman.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-9242-6233

ÖZET

Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ile birlikte yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışının yanı sıra var olan enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanmak konusu araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Ülkemizde binaların enerji giderlerinin önemli bir bölümünün ısıtma ve soğutma için olduğu düşünülürse binaların enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi gerekliliği kaçınılmazdır. Binalarda enerji verimliliği ele alındığında yalıtım ön plana çıkan konuların başında gelir.

Binalarda uygulanacak yalıtımda yakıtın türü, yalıtım malzemesinin türü, duvar dolgu malzemesinin türü, iklim şartları vb. parametreler optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada Batman ili için iki farklı yalıtım malzemesi (XPS, EPS), iki faklı yakıt(doğal gaz, elektrik), iki farklı duvar malzemesi (yatay tuğla, bims), iki farklı koşulda (soğutma, ısıtma) güneş ışınımının hesaplamalara dahil edildiği ve edilmediği durumda optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Güneş ışınımı hesaplamalara dahil edildiğinde ısıtma durumu için optimum yalıtım kalınlıklarının düşüş, soğutma durumunda artış gösterdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım, güneş ışınımı.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1.GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ve yaşam standartlarındaki yükselme, küresel düzeyde enerji talebini sürekli artırmaktadır. Bu artış, fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesine ve çevresel sürdürülebilirlik kaygılarının derinleşmesine yol açmaktadır. Enerji talebinin karşılanmasında, geleneksel fosil yakıtların çevresel zararları ve sınırlı yapısı, alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırırken, mevcut enerji kaynaklarının verimli ve tasarruflu kullanımını da zorunlu kılmaktadır.

Enerji tasarrufu, kaynakların etkin kullanımıyla enerji tüketimini azaltmayı ve çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, konutlarda ısı yalıtımı, enerji verimli ekipman kullanımı ve doğal ışık gibi yöntemler; sanayi ve iş yerlerinde ise otomasyon sistemleri, enerji yönetim sistemleri ve atık ısı geri kazanımı gibi çözümler öne çıkmaktadır. Özellikle ısı yalıtımı, enerji kayıplarını önleyerek maliyetleri düşürmek ve enerji verimliliğini artırmak açısından kritik bir rol üstlenmektedir.

Yalıtım, binalarda enerji tasarrufu ve konfor sağlamak amacıyla ısı, ses ve su geçişini azaltan bir uygulamadır. Bu süreç, enerji maliyetlerini düşürmekle kalmayıp çevresel etkilerin azaltılmasına ve yapıların ömrünün uzatılmasına da katkı sağlar.

Binalarda enerji verimliliği, sürdürülebilir inşaat uygulamalarının temel unsurlarından biri olarak, enerji tüketimini azaltma, çevresel etkileri minimize etme ve ekonomik tasarruf sağlama amacı taşır. Isı yalıtımı, bu hedeflere ulaşmak için kullanılan en etkili yöntemlerden biridir ve farklı malzeme türleri ve kalınlıklarının optimal seçimlerinin, her bölgeye özgü iklim koşulları ve yapı tiplerine göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Literatürde, yalıtım malzemeleri, optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu, geri ödeme süreleri ve çevresel etkiler üzerine yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır.

Hasan (1999), yaşam döngüsü metodu kullanarak, taş yünü ve polistiren malzemelerinin enerji tasarrufunu $21/m² olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada, her iki malzeme için geri ödeme süreleri de belirlenmiş olup, yalıtımın etkinliği ve maliyet fayda analizi yapılmıştır.

Çomaklı ve Yüksel (2003), soğuk iklim bölgelerinde yapılan bir diğer çalışmada, optimum yalıtım kalınlıklarının sağlanması durumunda yıllık enerji tasarrufunun yaklaşık 12 $/m² düzeyinde olacağını belirlemiştir. Bu araştırma, özellikle soğuk iklimlerde enerji verimliliği sağlamak için önemli öneriler sunmuştur.

Ünalan (2003), Eskişehir ilindeki binalarda taş yünü, XPS ve EPS gibi malzemelerle yapılan çalışmada, optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 4 cm ve 7 cm olarak bulmuş ve bu değerlerin enerji tasarrufu sağlamak için yeterli olduğunu belirtmiştir.

Gölcü vd. (2006), Denizli ilinde ithal fuel-oil ve kömür kullanarak yapılan hesaplamalarda, enerji tasarrufu ve geri ödeme sürelerinin farklı malzeme ve yakıt kombinasyonlarına göre değişkenlik gösterdiğini ifade etmiştir.

Bolattürk (2006), Türkiye deki 16 şehir için yaptığı çalışmada, ömür maliyet analizi yöntemiyle optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamıştır. Sonuçlar, optimum yalıtım kalınlıklarının 2 cm ile 17 cm arasında değiştiğini, enerji tasarruflarının ise %22 ile %79

arasında olduğunu göstermektedir. Geri ödeme süreleri de 1.3 yıl ile 4.5 yıl arasında farklılık göstermektedir.

Şişman vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı illerde için derece-gün yöntemi kullanılarak yalıtım yapılan duvarlarda senelik enerji kazancı ve ömür boyu maliyet hesaplanmıştır. Bu çalışma, Türkiye'nin farklı iklimsel koşullarında enerji verimliliğini artırmak adına bölgesel farklılıkların önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

Beş farklı ilde binalar üzerinde yaptıkları çalışmada, ısıtma ve soğutma derece-gün verilerini kullanarak optimum yalıtım kalınlıklarını 0.04 m ile 0.084 m aralığında değişen değerlerde hesaplamışlardır. Araştırmada, bu yalıtım kalınlıkları için geri ödeme sürelerinin 1.45 yıl ile 2.05 yıl aralığında olduğu tespit edilmiştir (Özel ve Pıhtılı, 2008).

Aksöz (2009), farklı yakıt türleriyle yapılan bir diğer çalışmada ise, dıştan, içten ve sandviç duvar yalıtımlı sistemlerin optimum yalıtım kalınlıkları araştırılmıştır. 3 farklı yakıt ve 3 farklı yalıtım ile yapılan çalışma sonucunda, kömür yakıtı ve EPS malzeme kombinasyonu en verimli sonucu vermiştir.

Yılmaz (2009), tarafından yapılan çalışmada, İzmir ili için taş yünü, EPS, XPS ve gaz beton gibi malzemeler için maliyet analizleri yapılmış ve taş yününün en pahalı malzeme olduğu, gaz betonun ise en uygun maliyetli seçenek olduğu tespit edilmiştir.

Uçar vd. (2009) Sivas ilindeki çalışmasında taş yünü ve çeşitli yakıt türleri ile yapılan hesaplamalarda, optimum yalıtım kalınlıklarını 0.026 m ile 0.048 m aralığında bulmuş ve senelik enerji tasarrufunun 8.5 TL/m² ile 35.5 TL/m² arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Ekici vd. (2012), Antalya, İstanbul, Elazığ, Kayseri ilerindeki binalar için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamak amacıyla taş, yatay delikli tuğla ve gazbeton gibi üç farklı yapı malzemesini kullanmışlardır. Bu çalışmada, kullanılan yakıtlar ve yalıtım malzemeleri ile optimum yalıtım kalınlıkları 0.2 cm -18.6 cm aralığında bulunmuştur. Ayrıca, enerji kazancı ve geri ödeme süreleri de belirli aralıklarla hesaplanmış ve yalıtım kalınlığına bağlı olarak önemli değişiklikler gözlemlenmiştir.

TS 825 (2013), binaların enerji verimliliği ve ısıl performansını optimize etmek amacıyla uyulması gereken kriterler ile hesaplama yöntemlerini sistematik bir çerçevede sunan bir standarttır. Bu düzenleme, enerji tüketimini minimize ederek sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmayı ve yapıların enerji performansını artırmayı amaçlar. TS 825 kapsamında, binaların ısı yalıtımına yönelik gereklilikler, ısı köprülerinin önlenmesi, hava sızdırmazlığının sağlanması ve diğer enerji verimliliği unsurları detaylı bir biçimde ele alınır. Ayrıca, bu standart, yapıların ısıl konfor koşullarını optimize etmeyi hedefleyerek hem kullanıcı memnuniyetini artırmayı hem de enerji tasarrufunu teşvik etmeyi amaçlayan temel bir referans niteliğindedir. Böylelikle, enerji kaynaklarının daha etkin kullanılması ve çevresel etkilerin azaltılması yönünde önemli katkılar sağlar.

Demir (2014), farklı illerde yalıtım malzemeleri ve duvar tiplerinin enerji maliyetleri üzerine yaptığı çalışmada, özellikle EPS yalıtım malzemesi ile dıştan yalıtılmış duvarlarda Mersin ili için en düşük maliyetin hesaplandığını vurgulamıştır.

Dombaycı vd. (2017), Denizli ili için yaptığı çalışmada, EPS ve taş yünü yalıtım malzemeleri ile sandviç duvar tipi üzerinde farklı yakıtlar kullanarak optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Sonuçlar, EPS yalıtım malzemesi ile yapılan hesaplamalarda yıllık enerji tasarrufu olarak 14.09 $/m² ve geri ödeme süresi olarak 1.43 yıl bulunmuştur.

Karakaya (2018), Batman ilindeki çalışmasında, çeşitli yakıt türleri ve duvar malzemeleriyle yapılan yalıtım hesaplamalarında çevresel etkilerin de dikkate alındığını ve yalıtımlı binaların CO2 ve SO2 emisyonlarını %77.3 oranında azalttığını belirtmiştir.

Yüce vd. (2021), tarafından Bitlis ilinde yapılan çalışmada, XPS, EPS, taş yünü ve cam yünü malzemeleri ile çeşitli duvar tiplerinde yapılan hesaplamalarda, en düşük optimum yalıtım kalınlığının XPS, kömür ve bims kullanıldığında 0.027 m olarak hesaplanmıştır. Yine bu çalışmada, geri ödeme sürelerinin optimum yalıtım uygulamalarının enerji verimliliği üzerinde önemli etkiler yarattığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ise Batman ili için enerji verimliliğini artırmaya yönelik olarak, iki farklı yalıtım malzemesi (XPS ve EPS), iki yakıt türü (doğal gaz ve elektrik), iki duvar malzemesi (yatay delikli tuğla ve bims) ve iki farklı koşul (ısıtma ve soğutma) dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hesaplamalar güneş ışınımının etkisi göz önünde bulundurulduğu ve ihmal edildiği durumlar için ayrı ayrı yapılmış, bu kapsamda optimum yalıtım kalınlıklar belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yapılan bu çalışmalar, optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinde önemli veriler sunmakta ve enerji verimliliği uygulamalarının her bölgeye özgü gereksinimlere göre optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Literatürdeki bu bulgular, hem maliyet analizleri hem de çevresel etkiler açısından ısı yalıtımının etkinliğini artırmaya yönelik çeşitli öneriler sunmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Türkiye'nin 2. Derece gün bölgesinde yer alan Batman ili seçilmiştir. Analizlerde kullanılmak üzere, Meteoroloji İl Müdürlüğünden temin edilen 2013-2022 yıllarını kapsayan on yıllık güneş ışınımı ve sıcaklık verileri esas alınmıştır. Enerji ihtiyacının değerlendirilmesi amacıyla ömür maliyet analizi (Life Cycle Cost Analysis, LLCA) yöntemi tercih edilmiştir. Isıtma süreçlerinde fosil yakıtlar arasında doğalgaz, soğutma süreçlerinde ise elektrik enerjisi tüketimi dikkate alınmıştır. Bu yöntem, enerji kaynaklarının maliyet etkinliği ve çevresel etkilerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yapı elemanlarının seçimi sırasında, sektörde yaygın olarak kullanılan yatay delikli tuğla, duvar tipi olarak belirlenmiştir. Duvar sistemlerinde optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi amacıyla, yalıtım (XPS) ve (EPS) kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde, seçilen yalıtım malzemelerine dayalı olarak optimum yalıtım kalınlığı belirlenebilmektedir. Bu yaklaşım, enerji verimliliği ve maliyet optimizasyonu açısından önemli bulgular sunmayı hedeflemektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

2.1. Isıtma derece gün (IDG) ve Soğutma derece gün (SDG) Değerlerinin Tespiti

Bu çalışmada, Batman iline özgü ısıtma ve soğutma parametreleri, yerel dış ortam sıcaklıkları ve güneş ışınımı şiddeti göz önünde bulundurularak iki ayrı yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

İlk yöntemde, Derece Gün hesaplamaları, belirlenen taban sıcaklık ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki farkların günlük toplamı üzerinden gerçekleştirilmiştir. İkinci yöntemde ise güneş ışınım şiddeti ve dış ortam sıcaklıklarının birlikte değerlendirildiği bir yaklaşım benimsenmiştir. Her iki yöntem, bölgeye özgü iklimsel koşulların enerji ihtiyaçlarına etkisini detaylı bir şekilde analiz etmeye olanak sağlamaktadır. Bu analizler, ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji verimliliğini optimize etmek ve yalıtım stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

I. Yöntem

$$IDG = \sum_1^N (T_i - T_o)^+ \quad (2.1)$$

$$SDG = \sum_1^N (T_o - T_i)^+ \quad (2.2)$$

II. Yöntem

$$IDG = \sum_1^N (T_i - T_e)^+ \quad (2.3)$$

$$SDG = \sum_1^N (T_e - T_i)^+ \quad (2.4)$$

Bu denklemlerde kullanılan terimler aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

Ti**:** Denge sıcaklığını ifade etmektedir ve ısıtma veya soğutma için hedeflenen iç ortam sıcaklığını temsil eder.

To**:** Gün içerisinde ölçülen dış ortam sıcaklıklarının ortalamasını göstermektedir.

N**:** Isıtma veya soğutma işlemlerinin gerçekleştirildiği toplam gün sayısını ifade eder.

"+" sembolü**:** Yalnızca pozitif değerlerin hesaplamalara dahil edileceğini belirtir; bu, negatif değerlerin analiz dışı bırakıldığı bir yöntemdir.

Te: Eşdeğer çevre sıcaklığını temsil eder. Bu değer, dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınımı bileşenlerini bir araya getiren teorik bir sıcaklıktır ve sıcaklık ile ışınıma bağlı olarak gün içinde değişkenlik gösterebilir.

Bu tanımlamalar, ısıtma ve soğutma süreçlerinin enerji ihtiyacını daha hassas bir şekilde analiz etmeye ve dış ortam koşullarına bağlı parametrelerin etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye olanak tanır(Threlkeld, 1998; Özel ve Kunt, 2020).

$$T_e\,(t) = T_0(t) + \frac{\alpha . I(t)}{h_0} \quad (2.5)$$

Bu denklemde;

To: Dış ortam sıcaklığını ifade eder ve ölçülen çevre sıcaklığı değerlerini temsil eder.

α: Güneş ışınımının dış yüzey tarafından yutulma oranını belirtir. Bu çalışmada, bu değer 0.6 olarak alınmıştır.

ho: Dış ortamda gerçekleşen taşınım ısı transfer katsayısını ifade eder ve 22 W/m²K olarak belirlenmiştir.

I: Güneş ışınım şiddetini temsil eder ve bu değer, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan verilerden elde edilmiştir.

Bu parametreler, güneş ışınımının ve çevresel sıcaklıkların ısıtma ve soğutma süreçlerindeki etkilerini modellemek ve analiz etmek amacıyla kullanılmıştır.

2.2. Senelik Isı Kaybı

Yapılarda en fazla ısı kaybının meydana geldiği bölgeler, duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi yapı elemanlarıdır. Bu alanlardaki kayıplar, mimari tasarıma, coğrafi lokasyona, ısı yalıtım seviyesine ve seçilen malzemelere bağlı olarak değişmektedir. Duvarlar, yalnızca tek bir tabakadan meydana geldiği gibi, yalıtım içeren ve birden çok tabakadan meydana gelen bileşik bir yapı elemanı şeklinde tasarlanabilmektedir.

Bu çalışmada, optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesine yönelik analizlerde, yalnızca dış duvarlardan ısı kaybı olduğu varsayımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Isı kaybı hesaplamaları, dış duvarlarda birim yüzey alanı başına gerçekleşen enerji kaybını temel almaktadır. Bu bağlamda, dış duvarlarda birim yüzeyde meydana gelen ısı kaybını hesaplamak için kullanılan formül aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$q = U\ x\ \Delta T \tag{2.6}$$

Denklemde kullanılan parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır:

U (W/m²K): Isı geçiş katsayısını ifade eder ve bir malzeme ya da yapı elemanının ısı transferine karşı gösterdiği direnci tanımlayan temel bir parametredir. Isı geçiş katsayısı, malzemenin termal iletkenlik özelliklerine ve yapı elemanının katman kalınlıklarına bağlı olarak hesaplanır.

ΔT: Sıcaklık farkını temsil eder ve genellikle iç ortam ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark olarak ele alınır.

Bir yapı elemanında birim yüzey alanı başına meydana gelen yıllık ısı kaybı, 2.7 numaralı denklem ile hesaplanabilir. Bu denklem, enerji kayıplarını nicel olarak ifade ederek yapı elemanlarının termal performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu sayede, yapıların enerji verimliliği artırılabilir ve optimum yalıtım çözümleri geliştirilebilir.

$$q = Ux86400xDGS \tag{2.7}$$

Denklemde yer alan DGS, Derece Gün Sayısını (Degree Day Number) ifade etmektedir. Derece Gün Sayısı, bir bölgede ısıtma veya soğutma ihtiyacını belirlemek için kullanılan ve iç ortam ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki farkın toplamına dayanan bir ölçüttür

Yıllık enerji kaybı, birim yüzeyde meydana gelen ısı kaybının, sistemin verimliliği ile ilişkilendirilmesi yoluyla hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda, yıllık enerji kaybı, toplam ısı kaybının sistemin termal verimine bölünmesiyle elde edilir. Bu yaklaşım, enerji kayıplarının daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine ve verimliliğin artırılmasına yönelik çözümler geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

$$E_A = 86400xDGSxU\ /\eta \qquad (2.8)$$

Denklem 2.8'de kullanılan parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır:

E_A: Yıllık enerji ihtiyacını ifade eder ve birim yüzey alanı başına yıllık enerji gereksinimi birimi olan j/m²-yıl ile ölçülür.

η: Isıtma sisteminin verimini temsil eder ve sistemin enerji dönüşüm sürecindeki etkinliğini belirleyen önemli bir parametredir.

Isı geçiş katsayısı (U), bir duvarda bulunan her bir bileşenin termal direnç katsayılarının toplamı kullanılarak 2.9 numaralı denklem ile hesaplanır. Bu hesaplama, yapı elemanlarının termal performansını değerlendirirken bileşenlerin ayrı ayrı etkilerini dikkate almayı mümkün kılar.

Denklem 2.9'da yer alan R_{izo}, yalıtım malzemesinin ısıl direncini ifade etmektedir. Bu değer, yalıtım malzemesinin kalınlığının (x), malzemenin ısı iletim katsayısına (k) oranı alınarak hesaplanır. Bu formül, yalıtım malzemesinin enerji verimliliği üzerindeki etkisini sayısal olarak değerlendirmek için bir temel sağlar ve optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesine katkıda bulunur.

$$U = \frac{1}{R_{\dot{I}}+R_W+R_{\dot{I}zo}+R_0} \qquad (2.9)$$

$$R_{\dot{I}zo} = \frac{x}{k}$$

Isı geçiş katsayısı (U), yalıtım malzemesi hariç tüm bileşenlerin toplam termal direnci (Rwt) ile yalıtım malzemesinin termal direncinin toplamı şeklinde ifade edilebilir. Bu ilişki, 2.10 numaralı denklemde aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$U = \frac{1}{R_{WT} + \frac{x}{k}} \qquad (2.10)$$

Burada:

R_{wt}: Yalıtım malzemesi hariç, yapı elemanını oluşturan tüm katmanların toplam ısıl direncini ifade eder.

R_{izo}: Yalıtım malzemesinin ısıl direncini temsil eder ve malzemenin kalınlığı ile ısı iletim katsayısına bağlı olarak hesaplanır.

Bu denklem, yapı elemanının tüm katmanları üzerinden gerçekleşen ısı transferini nicel olarak değerlendirmeye olanak tanır. Ayrıca, yalıtım malzemesinin etkisini ayrı bir bileşen olarak analiz ederek, yapı elemanlarının enerji performansını optimize etme sürecine katkı sağlar.

Yıllık enerji ihtiyacı, 2.10 numaralı denklem doğrultusunda aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Hasan, 1999; Çomaklı ve Yüksel, 2003; Özel, 2011;Shekarchian et al., 2012; Kürekçi, 2016):

$$E_A = \frac{86400.DGS.U}{\eta} = \frac{86400.DGS}{(R_{TW} + R_{IZO}).\eta} \qquad (2.11)$$

Dış duvar sisteminde kullanılan yapı bileşenleri, iç yüzeyden dış yüzeye doğru aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

Alçı iç sıva: İç yüzey kaplaması olarak kullanılan, estetik ve düzgün bir yüzey sağlayan malzeme.

Duvar yapı malzemesi: Taşıyıcı ve yalıtım özellikleriyle öne çıkan ana yapı elemanı olarak yatay delikli tuğla veya bims tercih edilmiştir.

Yalıtım malzemesi: Isı yalıtım performansını artırmak için ekstrüde polistiren (XPS) veya ekspande polistiren (EPS) kullanılmıştır.

Çimento harçlı dış sıva: Dış yüzeyde yer alan, yapı elemanlarını dış etkilere karşı koruyan ve dayanıklılığı artıran kaplama malzemesi.

Bu katmanlar, enerji verimliliği ve termal konfor açısından optimum performans sağlamak amacıyla yapı elemanlarının fonksiyonel ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Çizelge 2.1. Belirlenen duvar tiplerinin özellikleri (Karakaya,2018)

Duvar Tipi	Duvar Yapısı	Kalınlık (m)	k (W/m.K)	R (m^2K/W)	R duvar (m^2K/W)
Tuğla Duvar	Alçı İç Sıva	0.02	0.51	0.0392	0.6837
	Tuğla	0.135	0.33	0.4019	
	Çimento Harçlı Dış Sıva	0.02	0.87	0.0230	
	R iç	-	-	0.1670	
	R dış	-	-	0.0454	
Bims Blok	Alçı İç Sıva	0.02	0.51	0.0392	0.5246
	Bims Blok	0,15	0.60	0.2500	
	Çimento Harçlı Dış Sıva	0.02	0.87	0.0230	
	R iç	-	-	0.1670	
	R dış	-	-	0.0454	

2.3. Maliyet Analizi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu çalışmada, yalıtım için seçilen XPS ve EPS malzemelerinin ısıl iletkenlik katsayıları sırasıyla 0.040 W/mK ve 0.030 W/mK şeklinde belirlenmiştir. Ayrıca, bu malzemelerin birim hacim maliyetleri sırasıyla 2450 TL/m³ ve 2600 TL/m³ olarak tespit edilmiştir. Seçilen yalıtım malzemelerinin özellikleri, Batman ili şartlarında gerçekleştirilen piyasa araştırmasına dayalı olarak, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 2024 yılı için belirlediği birim fiyatlar kullanılarak belirlenmiştir (ÇŞB, 2024).

Çalışma kapsamında kullanılan yakıtların özellikleri ise Çizelge 3.2'de sunulmuştur. Doğalgaz için Batman Bölge Müdürlüğü'ne ait SİBADAŞ tarafından, elektrik için ise Dicle Elektrik (DEPSAŞ) tarafından 2024 yılı Aralık ayında belirlenen birim fiyatlar esas alınmıştır. Bu fiyatlar, enerji tüketim analizlerinin doğruluğunu sağlamak amacıyla kaynak olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2.2. Belirlenen yakıtların özellikleri (Karakaya, 2018)

Yakıt	*Cf*	*Hu*	*η*
Doğalgaz	8.11 TL/m^3	34.526 x 10^6 J/m^3	0.93
Elektrik	2.07 TL/kWh	3.5990 x 10^6 J/kWh	0.99

Bu çalışmada, yakıtın özelliklerini tanımlayan parametreler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Hu: Yakıtın alt ısıl değerini ifade eder ve birim kütle (J/kg), birim hacim (J/m³) veya birim enerji (J/kWh) cinsinden ölçülmektedir.

η: Yakıtın verimlilik katsayısını temsil eder, bu değer yakıtın enerji üretme etkinliğini belirler.

Cf: Yakıtın fiyatını belirtir ve birim kütle (TL/kg) veya birim hacim (TL/m³) cinsinden ifade edilir.

Bu parametrelerin değerleri Çizelge 2.2' de sunulmuş olup, enerji ve maliyet hesaplamalarının doğruluğunu sağlamak için referans alınmıştır. Bu sayede, farklı yakıt türlerinin enerji verimliliği ve maliyet analizleri daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmiştir.

Yalıtım, uzun vadeli enerji tasarrufu sağlamak amacıyla bir yatırım olarak değerlendirildiğinde, optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi için ekonomik analiz yöntemlerine başvurulması gerekmektedir. Bu çalışmada, yalıtımın ekonomik verimliliğini değerlendirebilmek için şimdiki değer yöntemi seçilmiştir. Şimdiki değer yöntemi, gelecekteki enerji tasarruflarının ve maliyetlerin bugünkü değerini hesaplayarak, yatırımın ekonomik etkinliğini objektif bir şekilde analiz etmeye olanak tanır. Bu yöntem, yalıtım yatırımlarının maliyet ve fayda analizini yaparak, en uygun yalıtım kalınlığının tespit edilmesini sağlar (Kahya, 1999a).

Şimdiki değer faktörünün hesaplanmasında, hesaplamanın yapıldığı yıl itibarıyla ülkedeki enflasyon oranı ve faiz oranı (reel faiz oranı) r dikkate alınır (Denklem 2.12)

Eğer i>g ise $r = \frac{(i-g)}{(1+g)}$ (2.12)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Eğer g>i ise $r = \frac{(g-i)}{(1+i)}$

Bu bağlamda, şimdiki değer faktörü, gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini hesaplamak için kullanılan temel bir parametredir. Şimdiki değer faktörü, Denklem 2.13'te belirtilen formül ile hesaplanabilir. Bu formül, belirli bir süre zarfındaki nakit akışlarının ve yatırımın ekonomik değerinin zaman içerisindeki değişimini yansıtarak, yatırımın finansal verimliliğini değerlendirme imkânı sunar.

$$PWF = \frac{1+r^{N}}{r\ x\ (1+r)^{N}} \tag{2.13}$$

Bu denklemlerde kullanılan parametreler şu şekilde tanımlanmıştır:

PWF: Şimdiki değer faktörünü ifade eder ve gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini hesaplamak için kullanılan katsayıyı temsil eder.

N: Belirlenen zaman periyodunu belirtir ve bu süre, analiz edilen yatırımın ömrü veya değerlendirme süresi ile ilgilidir.

r: Gerçek faiz oranını gösterir, yani enflasyon etkisinden arındırılmış faiz oranını ifade eder.

g: Enflasyon oranını belirtir ve ülkedeki fiyat düzeyindeki yıllık artışı yansıtır.

i: Faiz oranını temsil eder, yatırımın finansmanında kullanılan nominal faiz oranıdır.

Şimdiki değer faktörünün hesaplanabilmesi için gerekli olan parametreler, yıllık faiz oranı ve yıllık enflasyon oranı değerleridir. Yatırımın şimdiki değer yöntemiyle analiz edilmesinde, 2024 yılı Kasım ayına ait Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) verileri dikkate alınarak, ortalama faiz oranı %50 ve enflasyon oranı %47.09 olarak belirlenmiştir (Anonim, 2024). Ayrıca, yapılan ekonomik analizde yatırımın ekonomik ömrü 10 yıl olarak varsayılmıştır. Bu parametreler, yatırımın finansal verimliliğini ve uzun vadeli maliyet analizini objektif bir şekilde gerçekleştirebilmek için temel veri seti olarak kullanılmıştır. Bu parametreler, şimdiki değer hesaplamalarında kullanılarak, yatırımın ekonomik analizinin doğru bir şekilde yapılabilmesine olanak tanır. (Hasan, 1999; Kahya,1999b).

Ekonomik analiz kapsamında, tüketilen yıllık yakıt miktarının hesaplanmasında aşağıdaki 2.14 numaralı denklem kullanılmaktadır. Bu denklem, yapının enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan yakıt miktarını belirlemek için, enerji tüketimi ve yakıtın ısıl değeri gibi parametreler göz önünde bulundurularak hesaplama yapılmasını sağlar. Bu hesaplama, enerji verimliliği ve maliyet analizlerinin doğruluğunu artırarak, optimum enerji kaynakları ve yalıtım stratejilerinin seçilmesine yardımcı olur.

$$m_{fA} = \frac{86400.DGS}{\left(R_{\text{İZO}} + \frac{x_y}{k_y}\right).H_u.\eta} \tag{2.14}$$

Bu denklemde, m_{fA} (kg/m²-yıl), birim alanda tüketilen yıllık yakıt miktarını ifade ederken, Hu yakıtın ısıl değerini belirtmektedir. Yani, yakıtın sağladığı enerji miktarını belirten bu parametre, enerji tüketiminin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için kritik öneme sahiptir.

Bir birim alanın yıllık ısıtma enerji maliyeti ($C_{A,H}$) ise 3.15 numaralı denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu denklem, birim alandaki yıllık enerji tüketimi ile enerji maliyetlerinin ilişkilendirilmesini sağlar. Böylece, belirli bir alanın ısıtma ihtiyacını karşılamak amacıyla gereksinim duyduğu enerji tüketimi ve buna bağlı maliyetler yıllık bazda hesaplanarak, enerji verimliliği ve maliyet optimizasyonu için doğru veriler elde edilir.

$$C_{A,H} = \frac{86400.IDG.C_f}{(R_{WT} + R_{IZO}).\eta.H_u} \quad (2.15)$$

Birim alanın soğutulması için gerekli enerji maliyeti, 2.16 numaralı denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu denklemde, COP (Coefficient of Performance), soğutma sisteminin performans katsayısını ifade eder ve bu çalışmada COP değeri 2.5 olarak belirlenmiştir. Soğutma sisteminin verimliliğini belirleyen bu parametre, enerji tüketiminin etkinliğini ve maliyetlerin hesaplanmasında kritik bir rol oynamaktadır. İlgili parametreler, soğutma sistemlerinin ekonomik analizini doğru bir şekilde gerçekleştirebilmek için temel unsurlar olup, enerji verimliliği ve maliyet optimizasyonu açısından önemli bir katkı sağlar.

$$C_{A,C} = \frac{86400\ x\ SDG\ x\ C_f}{(R_{TW} + R_{IZO})COP} \quad (2.16)$$

Yalıtımı yapılmış bir binanın toplam maliyeti (C_T) 2.17 numaralı denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu denklemde, Ci yalıtımın birim fiyatını (TL/m³) ve x (m) yalıtımın kalınlığını ifade etmektedir. Yalıtım malzemesinin birim fiyatı, kullanılan malzemenin türüne ve piyasa koşullarına göre değişirken, kalınlık ise yalıtımın etkinliğini ve yapının enerji verimliliğini doğrudan etkileyen bir parametredir. Bu hesaplama, yalıtımın ekonomik maliyetini değerlendirerek, enerji tasarrufu sağlamak amacıyla yapılan yatırımın finansal analizini mümkün kılar (Hasan, 1999; Çomaklı ve Yüksel, 2003; Özel, 2011;Shekarchian et al., 2012,Kürekçi, 2016).

$$C_T = C_A.PWF + C_i.x \quad (2.17)$$

2.4. Optimum Yalıtım Kalınlığının Tespiti

Optimum yalıtım kalınlığı, bir yapı elemanının yalıtım malzemesi kalınlığını belirlerken enerji tasarrufu ve ekonomik faydalar göz önünde bulundurularak hesaplanır. Optimum yalıtım kalınlığı, enerji maliyetleri ve yalıtım malzemesi maliyetleri arasında bir denge kurarak, toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlar. Toplam maliyeti veren 2.17 denkleminin x'e göre türevi alınırsa optimum yalıtım kalınlığını veren 2.18 denklemi elde edilir (Çomaklı ve Yüksel, 2003; Kallioğlu et al., 2020).

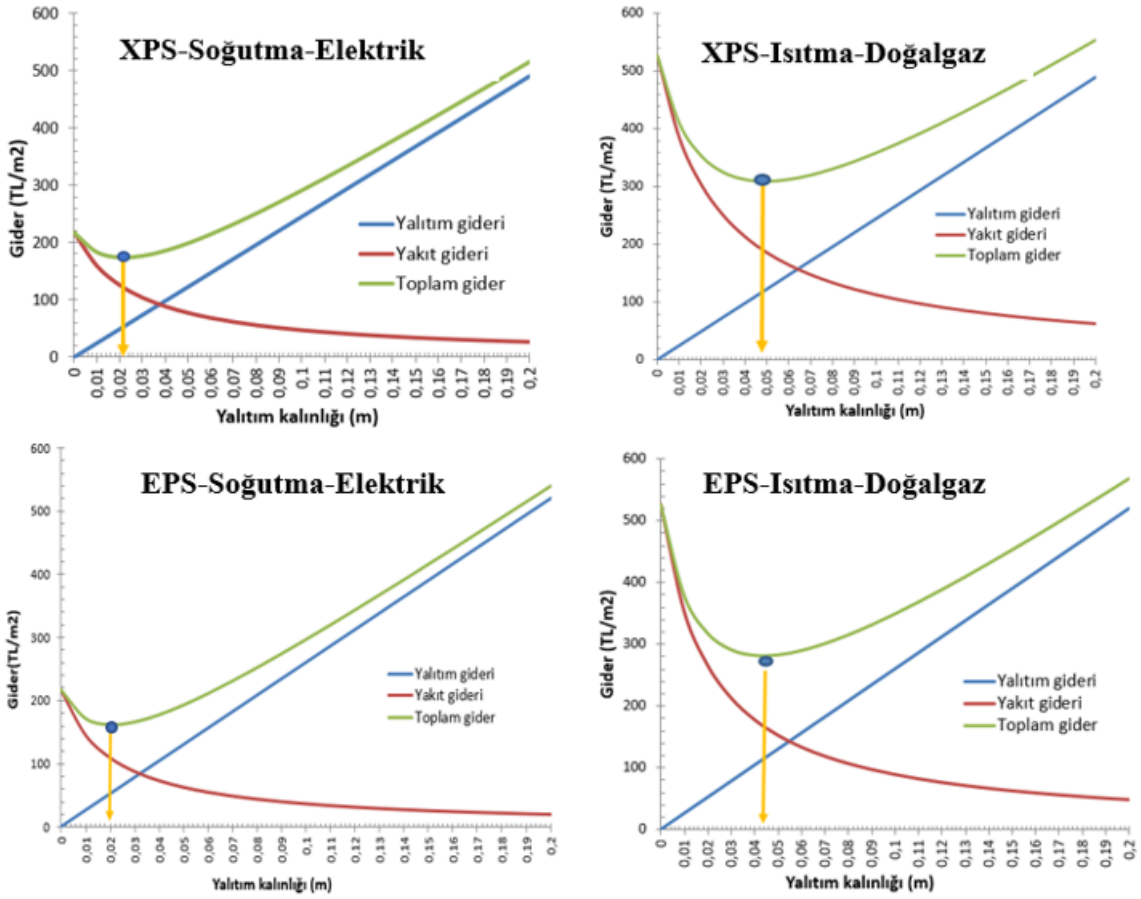
$$X_{OPT} = 293.94.\left(\frac{DGS.C_f.PWF.k}{H_U.C_I.\eta}\right)^{1/2} - k.R_{TD} \quad (2.18)$$

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Batman ili iklim şartlarında teknikte en fazla kullanılan iki farklı duvar türü (yatay tuğla, bims) iki cins yalıtım (XPS,EPS) ve ısıtma (doğalgaz), soğutma (elektrik) amacıyla kullanılan iki farklı yakıt tipi için giderler hesaplanmıştır. Yakıt gideri, yalıtım gideri ve toplam giderin yalıtım kalınlığına bağlı olarak değişimi grafik olarak çizilmiştir. Şekil 3.1' de ve Şekil 3.2' de için toplam giderlerin hesaplanan minimum seviyelerinde okunan yalıtım kalınlıkları optimum yalıtım kalınlığı (X_{opt}) şeklinde ifade edilebilir.

Şekil 3.1' de tuğla duvar için, ısıtmada doğalgaz ve soğutmada elektrik, yalıtım XPS ve EPS için hesaplana veriler grafik halinde verilmiştir.



Şekil 3.1. Tuğla duvar tipi için yalıtım, yakıt ve toplam giderlerin yalıtım kalınlığı ile değişimi

Yapılan hesaplamalar neticesinde;

Tuğla duvar tipinde XPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.049 m,
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} = 0.021m

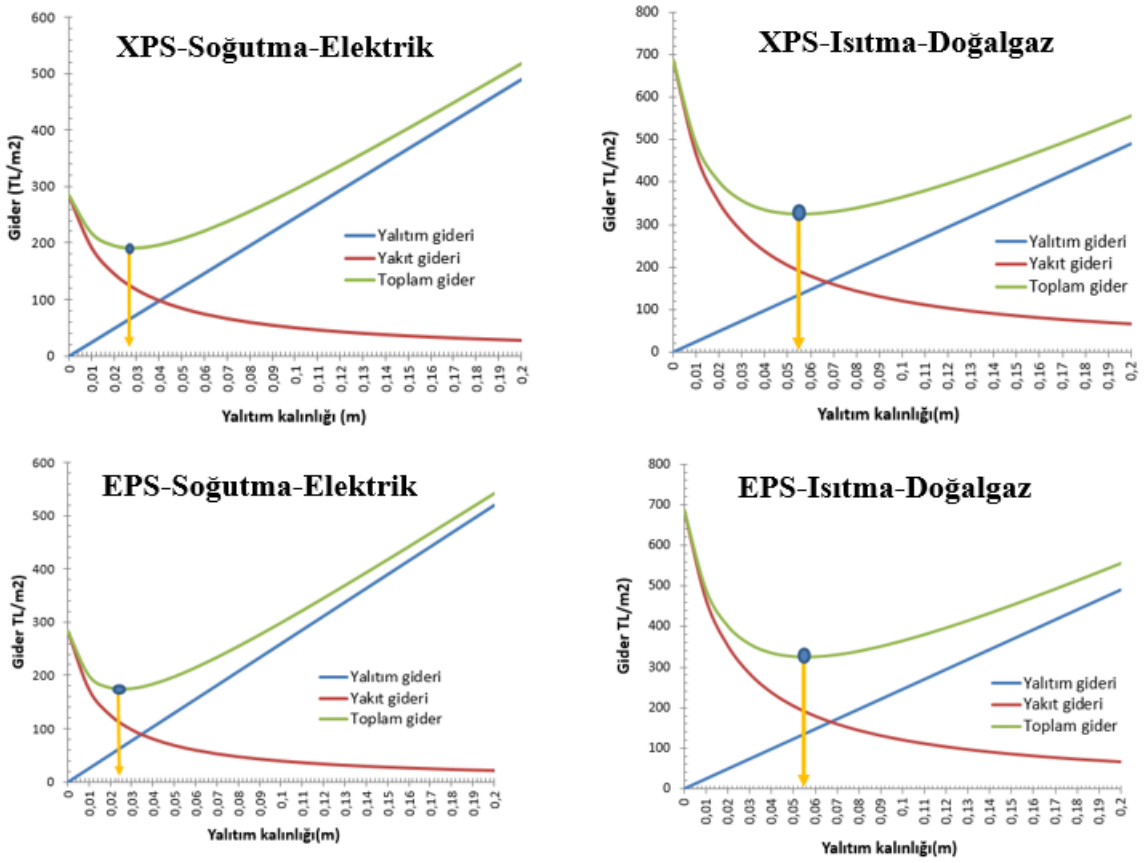
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tuğla duvar tipinde EPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.043 m,
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.020 m değerinde hesaplanır.

Şekil 3.1' den elde edilen sonuçlar incelendiğinde yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında XPS' e oranla daha düşük optimum yalıtım kalınlıkları elde edilmiştir.

Şekil 3.2' de Bims duvar için, ısıtmada doğalgaz ve soğutmada elektrik, XPS ve EPS için hesaplanan veriler grafik halinde verilmiştir.



Şekil 3.2. Bims duvar tipi için yalıtım, yakıt ve toplam giderlerin yalıtım kalınlığı ile değişimi

Bims duvar tipinde XPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.055 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.028 m

Bims duvar tipinde EPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.048 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.025 m değerinde hesaplanır.

Yapılan çalışmanın bu aşamasına kadar, güneş ışınımının etkisi ihmal edilmiştir. Ancak, ışınım etkisinin dahil edildiği analizlerde, eşitlik 2.3, 2.4 ve 2.5 kullanılarak II. yöntem çerçevesinde verilen formüller yardımıyla eşdeğer sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hesaplamalar, denge noktası sıcaklığının belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Denge noktası sıcaklığı, bir yapıda ısıtma veya soğutma ihtiyacının olmadığı durumlardaki dış ortam sıcaklığını ifade eder ve binadan binaya farklılık görülebilir. Bu farklılık, yapının iç ortam sıcaklığı, ısıl özellikleri ve kullanım şekline bağlı olarak değişmektedir.

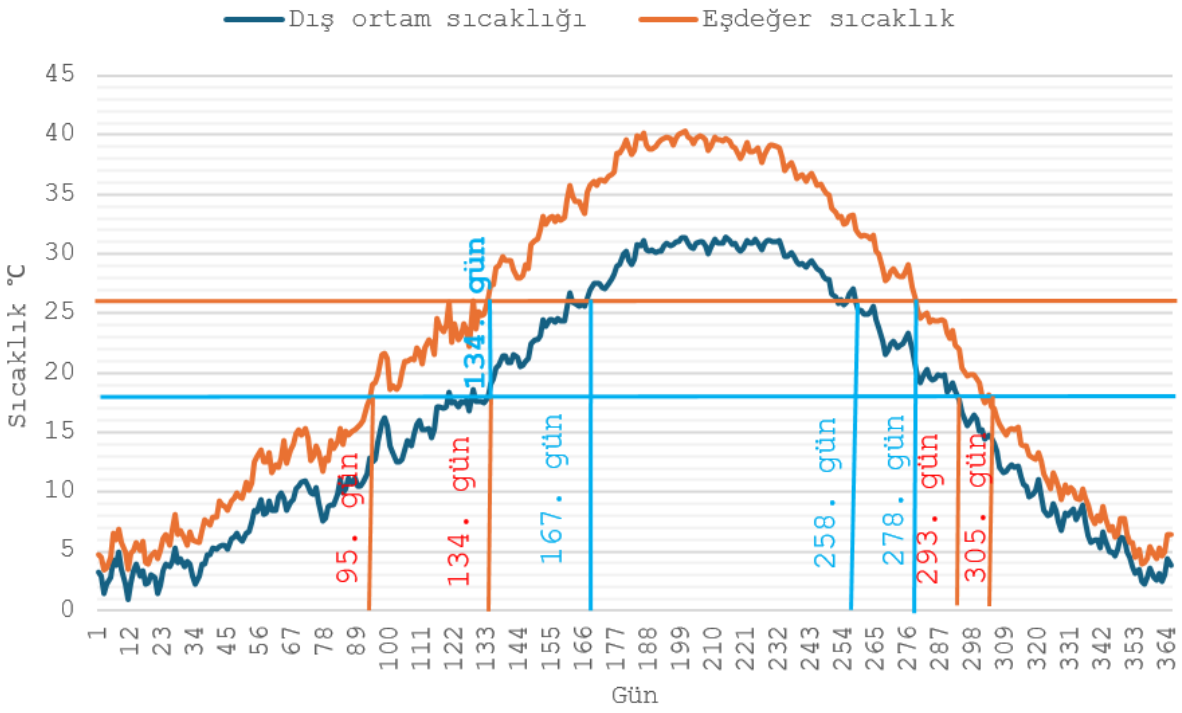
Literatürde genellikle, ısıtma derece-gün hesaplamaları 15 °C veya 18 °C denge sıcaklıklarına göre, soğutma derece-gün hesaplamaları ise 22 °C veya 26 °C denge sıcaklığına göre yapılmaktadır (Büyükalaca vd., 2001; Kreider ve Rabl, 1994; Norford, 2001). Bununla birlikte, sıcak iklim bölgelerinde, ısıtma derece-gün hesaplamalarında 18 °C, soğutma derece-gün hesaplamalarında 26 °C denge sıcaklıkları da kullanılabilmektedir. Bu durum, bölgesel iklim koşulları ve yapıların özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Denge sıcaklığının tespiti için yapılan analizlerde IDG için 15 °C ve 18 °C, SDG hesaplamaları için 22 °C ve 26 °C seçilerek hesaplamalar yapılmış elde edilen sonuçlar değerlendirilerek IDG sayısı için denge sıcaklığı 18 °C, SDG sayısı için denge sıcaklığı 26 °C alındığında elde edilen sonuçlara gerçeğe daha yakın olduğu için bu değerler denge sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Işınım ihmal edildiğinde referans sıcaklığın 18 °C ve 26 °C olarak seçilmesi durumunda dış ortam sıcaklığına bağlı olarak yılın 293. günü (19 Ekim) ile 134. günü (14 Mayıs) arası ısıtma periyodu, 167. günü (15 Haziran) ile 258. günü (15 Eylül) arası soğutma periyodu olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Işınım dahil edildiğinde ise referans sıcaklığın 18 °C ve 26 °C olarak seçilmesi durumunda eşdeğer sıcaklığa bağlı olarak yılın 305. günü (1 Kasım) ile 95. günü (5 Nisan) arası ısıtma periyodu, 134. günü (14 Mayıs) ile 278. günü (4 Ekim) arası soğutma periyodu şeklinde saptanmıştır (Şekil 3.3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Şekil 3.3. 18 °C ve 26 °C denge sıcaklıklarında ısıtma ve soğutma periyodunun belirlenmesi

Işınımın ihmal edildiği durumda IDG sayısı 1835, SDG sayısı 330 olarak hesaplanmıştır. Bulut ve arkadaşlarının son 14 yıl verileri kullanarak 2007 yılında Türkiye' deki 77 ili için yapmış oldukları çalışmada referans sıcaklığının 18 °C ve 26 °C olarak seçilmesi durumunda Batman ili için IDG sayısı 1823, SDG sayısı 318 olarak hesaplandığı görülmüştür (Bulut vd,2007). Bizim çalışmamızda hesaplanan değerlerin literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Güneş ışınımının hesaplamalara dahil edilmesi durumunda IDG sayısı 1282, SDG sayısı 1325 olarak hesaplanmıştır(Çizelge 3.1). Işınımın hesaplamalara dahil edilmesiyle IDG sayısı düşerken, SDG sayısı artış göstermiştir.

Çizelge 3.1. IDG ve SDG değerleri

Denge sıc.: 18 °C(Isıtma) – 26 °C (Soğutma)		
DG Değerleri	Güneş Işınımı İhmal	Güneş Işınımı Dahil
IDG	1835	1282
SDG	330	1325

Güneş ışınımının hesaplamalara dahil edilmesi ve ihmal edilmesi durumunda belirlenen ısıtma ve soğutma periyotları Çizelge 3.2.' de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2. Belirlenen denge sıcaklıklarına göre ısıtma ve soğutma periyotları

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

	Isıtma dönemi			Soğutma dönemi		
Güneş ışınımı ihmal	Denge sıc.	Başlama	Bitiş	Denge sıc.	Başlama	Bitiş
	18 ° C	293. gün 19 Ekim	134.gün 14Mayıs	26 ° C	167. gün 15Haziran	258. gün 15 Eylül
Güneş ışınımı dahil	Denge sıc.	Başlama	Bitiş	Denge sıc.	Başlana	Bitiş
	18 ° C	305. gün 1 Kasım	95. gün 5 Nisan	26 ° C	134. gün 14 Mayıs	278. gün 4 Ekim

Işınımın hesaplamalara dahil edilmesiyle IDG sayısı ve SDG sayısının değişimiyle birlikte optimum yalıtım kalınlığında da değişiklik gerçekleşmiştir. Farklı durumlarda hesaplanan değerler altta verilmiştir (Çizelge 3.3).

Işınımın dahil edilmesiyle birlikte optimum yalıtım kalınlıkları alttaki şekilde hesaplanmıştır

Tuğla duvar tipinde XPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.036 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.071m

Tuğla duvar tipinde EPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.033 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.062 m değerinde hesaplanır.

Bims duvar tipinde XPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.043 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.077m

Bims duvar tipinde EPS yalıtım malzemesi kullanılması durumunda:

- Isıtma için doğalgaz yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.038 m
- Soğutma için elektrik yakıt olarak seçilirse X_{opt} =0.067 m değerinde hesaplanır.

Çizelge 3.3. Işınımın hesaplamalar dahil edildiği ve ihmal edildiği durumda farklı durumlar için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıları

	BİMS			
	Işınım dahil		Işınım hariç	
	Isıtma	Soğutma	Isıtma	Soğutma

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Yalıtım	Doğalgaz	Elektrik	Doğalgaz	Elektrik
XPS	0.043	0.077	0.055	0.028
EPS	0.038	0.067	0.048	0.025
	TUĞLA			
	Işınım dahil		Işınım hariç	
	Isıtma	Soğutma	Isıtma	Soğutma
Yalıtım	Doğalgaz	Elektrik	Doğalgaz	Elektrik
XPS	0.036	0.071	0.049	0.021
EPS	0.033	0.062	0.043	0.020

Çizelge 3.3’ de hesaplanan değerler incelendiğinde ışınımın dahil edilmesiyle birlikte ısıtma için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıkları düşerken soğutma için hesaplanan yalıtım kalınlıkları artmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Batman ili için iki farklı yalıtım malzemesi (XPS, EPS), iki faklı yakıt(doğal gaz, elektrik), iki farklı duvar malzemesi (Tuğla, Bims), iki farklı koşulda(soğutma, ısıtma) güneş ışınımının hesaplamalara dahil edildiği ve edilmediği durumda optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler kullanılarak yapılacak yalıtım uygulamalarına katkı sunularak ısı kayıplarının önlenmesi, maiyetlerin düşürülmesi, enerji verimliliğinin artırılması, çevreye salınan zararlı emisyonların azaltılması hedeflenmiştir.

Hesaplanan veriler incelendiğinde optimum yalıtım kalınlığı açısından Tuğla duvar tipinin, Bims duvar tipine nazaran daha avantajlı olduğu görülmüştür. Yalıtım malzemeleri optimum yalıtım kalınlığı açısından değerlendirildiğinde EPS yalıtım malzemesi, XPS yalıtım malzemesine göre daha avantajlıdır.

Işınım değerlerinin hesaplamalara dahil edilmesiyle, ihmal edildiği duruma göre optimum yalıtım kalınlıkları ısıtma değerleri için düşüş gösterirken soğutma değerlerinde artış göstermiştir. Eğer yapının yalnızca ısıtılması, yalnızca soğutulması veya hem ısıtılması hem de soğutulması düşünülüyorsa ışınım değerlerinin hesaplara dahil edilip edilmemesi kritik öneme sahip olabilir.

Yalıtım konusu değerlendirilirken sadece optimum yalıtım kalınlığı açısından değil aynı zamanda maliyet, enerji verimliliği, geri ödeme süresi, çevresel etki vb. parametreler de göz önüne alınarak daha iyi kararlar verilebilir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KAYNAKÇA

1. Aksöz, H. (2009). Betonarme binalarda uygulanan ısı yalıtım amaçlı duvar elemanlarının ısıl ve ekonomik yönden analizi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).

2.Anonim, (2024). Faiz, enflasyon verileri, https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Faiz+Istatistikleri/nelerdir. [Erişim Tarihi: 15 Aralık 2024].

3. Bolattürk A. (2006) Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. Applied Thermal Engineering; 26(11):1301-1309.

4. Büyükalaca, O., Bulut, H., & Yılmaz, T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-day.s for Turkey. Applied Energy, 69(4), 269-283. https://doi.org/10.1016/S0306-2619(01)00017-4

5. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı(ÇŞB). (2024). 2024 yılı inşaat ve tesisat birim fiyatları. /https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/1--2024-b-r-m-f-yatlar-20240603-1019-20240603093641.pdf.

6. Çomaklı, K. and Yüksel, B. (2003). Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. Applied thermal engineering, *23*(4), 473-479. https://doi.org/10.1016/S1359-4311(02)00209-0.

7. Demir, İ. H. (2014). *Bina Dış Duvarları için Optimum İzolasyon Kalınlığının Belirlenmesi ve Maliyet Analizi*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.

8. Dombayci, Ö. A., Atalay, Ö., Acar, Ş. G., Ulu, E. Y., & Ozturk, H. K. (2017). Thermoeconomic method for determination of optimum insulation thickness of external walls for the houses: Case study for Turkey. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 22, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.05.005

9. Ekici, B. B., Gulten, A. A., & Aksoy, U. T. (2012). A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey. Applied Energy, 92, 211-217. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.10.008

10. Gölcü M, Dombaycı ÖA, Abalı S, Denizli için Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi 2006; 21(4): 639-644.

11. Hasan, A. (1999). Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost. Applied energy, *63*(2), 115-124. https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00023-9

12. Kahya, E. (1999a). A new unidimensional search method for optimization: the tangential interpolation. International Journal of Applied Mathematics, *1*(7), 711-724.

13. Kahya, E. (1999b). *Mühendislik Ekonomisi*. TEKAM No:TS99-003-EK, Eskişehir.

14. Kallioğlu, M. A., Ercan, U., Avcı, A. S., Fidan, C., & Karakaya, H. (2020). Empirical modeling between degree days and optimum insulation thickness for external wall. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 42(11), 1314-1334. https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1651797

15. Karakaya, H. (2018). Farklı Duvar ve Yakıt Tiplerinde Optimum Yalıtım Kalınlığının Isıtma ve Soğutmada Tespiti ve Çevresel Etkileri. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, *30*(2), 193-202.

16. Kreider, J.F. & Rabl, A. (1994). *Heating and cooling of buildings*, McGraw Hill Inc., New York.

17. Kürekçi, N. A. (2016). Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey's provincial centers. Energy and buildings, *118*, 197-213. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.004.

18. Norford, L. (2001). *Ashrae, Ashrae Handbook- Fundamentals (SI), Energy estimating and modeling methods*. ashrae-hvac-2001-fundamentals-handbook.pdf. chapter 31

19. Özel, M. (2011). Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials. Applied Thermal Engineering, *31*(17-18), 3854-3863. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.07.033.

20. Özel, M., & Kunt, S. (2020). Dış Ortam Sıcaklıkları ve Güneş Işınımı Şiddeti Dikkate Alınarak Adana İli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığı Tespiti. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 32(1), 167-177.

21. Özel, M., & Pıhtılı, K. (2008). Determination of optimum insulation thickness by using heating and cooling degree-day values. J. Eng. Nat. Sci, 26, 191-197.

22. Shekarchian, M., Moghavvemi, M., Rismanchi, B., Mahlia, T. M. I., & Olofsson, T. (2012). The cost benefit analysis and potential emission reduction evaluation of applying wall insulation for buildings in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(7), 4708-4718. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.045.

23. Şişman, N., Kahya, E., Aras, N., ve Aras, H. (2007). Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof for Turkey's different degree-day regions. Energy Policy, 35(10):5151-5155. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.037

24. Threlkeld, JL. *Thermal Environmental Engineering*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1998.

25. TS 825, (2013) *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

26. Uçar, A., & Balo, F. (2009). Effect of fuel type on the optimum thickness of selected insulation materials for the four different climatic regions of Turkey. *Applied Energy*, *86*(5), 730-736. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.09.015

27. Ünalan, H. (2003). *Yapı Kabuğunda Isı İzolasyonun irdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları Örneği*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

28. Yilmaz, G. H. K. (2009). Binalarda dış Duvarlarda Kullanılan ısı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından Incelenmesi (Master's thesis, Dokuz Eylul Universitesi (Turkey))

29. Yüce, B. E. and Acar, M. C. (2021). Bitlis İlinde Farklı Yakıtlar Ve Duvar Bileşenleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Enerji Tasarrufunun Analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 10, no. 4, pp. 1426–1434, doi: 10.17798/bitlisfen.959930.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERDE RAY PROFİLİNDEKİ YANAL AŞINMA VE AZALTMA YÖNTEMLERİ

Yüksek İnşaat Mühendisi Hüseyin ÇINAR
Yıldız Teknik Üniversitesi/İBB Metro İstanbul
h.cinarr@hotmail.com - https://orcid.org/0009-0001-5975-1525

Prof. Dr. İsmail Şahin
Yıldız Teknik Üniversitesi
sahin@yildiz.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-6959-6215

ÖZET

Kentlerin nüfusuyla birlikte artan araç sahipliliği başta trafik tıkanıklığı ve çevresel etkiler olmak üzere birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzluklar insanları dakik, konforlu, güvenli ve daha uygun ulaştırma türlerini kullanmaya teşvik etmektedir. Bunların arasında en çok tercih edilen ulaştırma türü raylı sistemlerdir. İstanbul başta olmak üzere ülkemizde raylı sistemlere yatırımlar artmakta ve yeni hatların açılmasına ek olarak mevcut işletilen hatlarda da güvenli ve konforlu işletmenin devamlılığı için bakım çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmaların en önemlilerinden biri, ray profilinde meydana gelen yanal aşınma ile ilgilidir. Özellikle hattın kurplu (dönemeçli) kesimlerindeki yanal ray aşınmaları sefer sayısı, yolcu hacmi, hattın geometrik özellikleri, tekerlek ve ray çeliklerinin sertlik uyumları gibi birçok etmen ile doğrudan ilgilidir. Hatlarımızda kullanılan ray ve makasların büyük bölümü yabancı şirketler tarafından üretilen ithal ürünlerdir. Yüksek tedarik maliyetleri, ray aşınmalarını en aza indirmek için önemli bir nedendir. Bu çalışmada, aşınma kaynaklı bakım maliyetlerini en aza indirmek için ray hattına sabit ray yağlama ünitesi montajı, ray çeliğinin daha sert tercih edilmesi ve hat geometrik özelliklerinin iyileştirilmesi seçenekleri üzerinde durulmuştur. Seçilen bir tramvay hattında geometrik özellikleri birbirine benzeyen 4 farklı konumdaki ray profilinin mantarında oluşan aşınmalar aylık olarak milimetre mertebesinde ölçülmüş ve bu kapsamda bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Başka bir ifadeyle, yanal aşınma görülen kesimlerde sabit ray yağlama ünitesinin kullanılması ile ray sertliğinin etkileri, meydana gelen aşınma miktarları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tramvay hattı, ray ve tekerlek aşınmaları, bakım, yağlama, ray sertliği

1. GİRİŞ

Ülkemizde gerek kentiçi gerekse de kentler arası ulaşımda raylı sistemlerin kullanım payı artmaya devam etmektedir. Kolay, güvenli ve konforlu ulaşımındaki talebin artması ile yerel ve merkezi yönetimlerin de bu alandaki yatırımları arttırmasına zemin oluşturmaktadır. Raylı sistemler planlanması, tasarımı, finansman ihtiyaçlarının oluşturulması, saha uygulamaları gibi birçok başlıklarıyla uzun yapım süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Talepler ile yeni

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yatırımların gerçekleşmesine zemin oluşturulurken hali hazırda işletilen hatların bakım ve rehabilitasyon ihtiyaçlarının giderilmesi de önem kazanmaktadır.

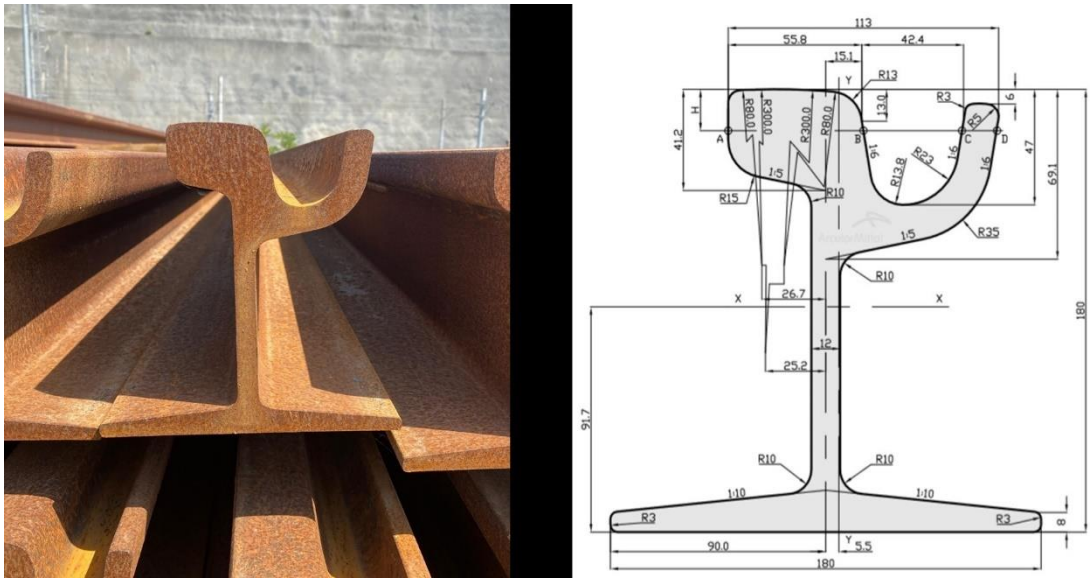
Kentiçi raylı sistemlerin kullanımında önemli bakım kalemleri arasında, ray hattının ciddi yüklere maruz kalarak aşınmasından kaynaklanan bakım veya revizyon çalışmaları bulunmaktadır. Bu ihtiyaç, ray hattındaki duruma ve işletmeci firmanın bakım toleranslarına göre bakım, ağır bakım veya revizyon olarak da değerlendirilebilmektedir.

Kentiçi raylı sistemlerde sıkça gözlemlenen ve işletme güvenliği için önem arz eden durumlarında başında kurp (dönemeç) veya parabollerde meydana gelen ray profilindeki yanal aşınmalar bulunmaktadır.

Yanal aşınmalar ray çeliği ile boden (tren tekeri) çeliği arasındaki temas sonrasında oluşan bir arıza türüdür. Raylarda meydana gelen aşınmadaki durum bakım toleransına göre değerlendirerek ray türü ve sertliğine göre tozaltı kaynak yöntemi veya revizyon kapsamında ray değişimi yapılarak giderilmektedir. Raylarda meydana gelen bu bakım ve revizyon çalışmaları maliyet ve çevresel etki açısından oldukça öneme sahiptir. Bu açıdan değerlendirildiğinde raylarda oluşan aşınmaları engellemeyi sağlayacak yöntemler üzerine çalışmalar yürütmek hem işletmeci şirket hem de toplum açısından bir kazanım oluşturacaktır.

2. RAY PROFİLİ VE PROFİLDEKİ YANAL AŞINMALAR

Kentiçi raylı sistemlerin en yaygın kullanımlarında bulunulandan biri de cadde tramvaylarıdır. Cadde tramvaylarının metrolara göre olan farklarından en önemlisi de ray tiplerindeki farklılıktır. Tramvaylarda genellikle oluklu ray adı verilen 59 Ri2 veya 60 Ri2 kullanılırken metrolarda mantar ray adı verilen S49 ray tipi kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda tramvay hattındaki ray aşınma durumları dikkate alınacağı için oluklu ray tipi olan 59 Ri2 profili üzerinden değerlendirilmede bulunulacaktır (Görsel 1).



Görsel 1. Oluklu Ray Profili (59 Ri2) (Arcelor Mittal, 2022)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ray profilinde meydana gelen yanal aşınmalar ise başta kumpas adı verilen ekipman ile veya lazerli ray profil ölçüm cihazı ile gerçekleştirilebilmektedir (Görsel 2). Bu ölçümler bakım ekiplerince değerlendirilerek ihtiyaç halinde ağır bakım veya revizyon yapılması için çalışma programı oluşturmayı sağlamaktadır.



Görsel 2. Oluklu Ray Profili Ölçüm Yöntemleri

3. RAY PROFİLİNDEKİ YANAL AŞINMAYI AZALTMA YÖNTEMLERİ

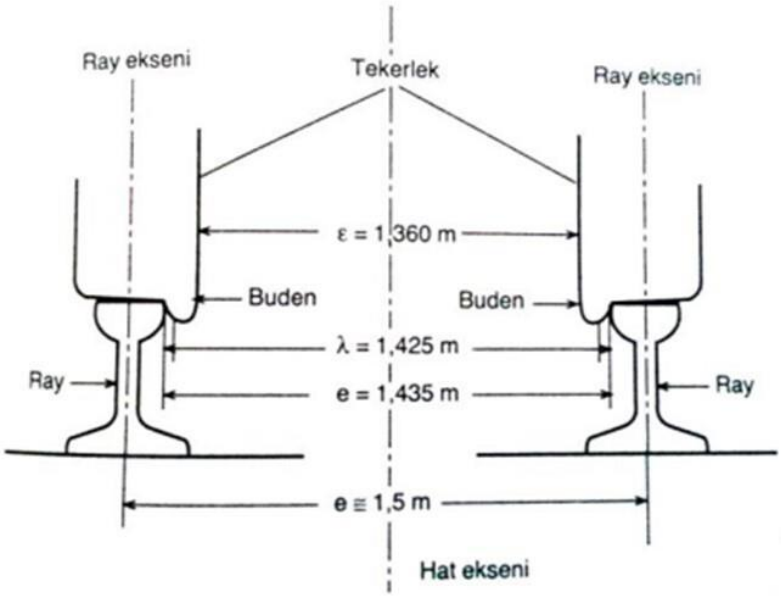
Demiryolu ray hattının geometrik yapısı, ray yüzeyindeki sürtünmeyi engelleyici yağ durumu, hava koşulları, ray sertlikleri, araç boden sertlikleri gibi birçok neden ray aşınmalarına sebebiyet verebilmektedir. Bu koşullar değerlendirildiğinde demiryolu işletmelerinin en önem verdiği durumlardan biri de ray profilinde meydana gelen yanal aşınmalar ve bu aşınmalara neden olan kaynakları ortadan kaldırmaktır.

Burada çevresel etkiler göz ardı edilerek ray aşınması değerlendirilmekte ve yanal aşınma düzeyini en aza indirecek yöntemler üç başlıkta sunulmaktadır.

3.1. Sabit Ray Yağlama Ünitesi Kurulumu

Raylı sistemlerde kurp ve parabol (dönemeç ve dönemeç giriş/çıkış) bölgelerinde ray yüzeyinde boden ray teması nedeniyle oluşan yanal aşınmaları azaltmak için buradaki sürtünmeyi azaltmak gerekmektedir (Görsel 3). Bu aşınmanın azaltılması hem gürültünün hem de bakım periyodunun ve maliyetinin düşmesine zemin oluşturacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 3. Ray ve Teker Temas Yüzeyi (Osmangazi Üniversitesi, 2017)

Sabit ray yağlama ünitesi (Görsel 4) genellikle kurp giriş bölgelerinde bulunan bir yağ haznesindeki yağın elektrik enerjisi ile çalışan bir motordan aldığı kuvvetle ray yüzeyine kılcal boru yardımıyla iletilmesi ve bu yağın araç geçişi sırasında tüm yüzeye yayılması ile yapılır. Ray yüzeyinden çıkan yağlar tramvay bodeninin raya teması ile bodene bulaşmakta ve ardından hat güzergahındaki kurp ve parabol bölgelerine taşınmaktadır.



Görsel 4. Sabit Ray Yağlama Ünitesi

Sabit ray yağlama ünitesi raya montajlanmış sensör aracılığı ile araç bodenlerini algılamakta ve bakım ekipleri tarafından belirlenen boden sayısına ulaşınca raya yağ pompalama işlemini başlatmaktadır (Görsel 5).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



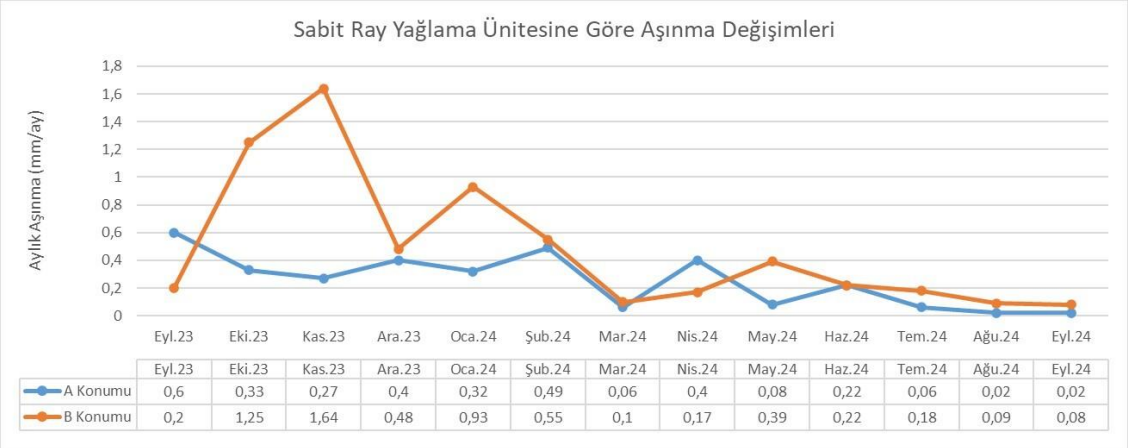
Görsel 5. Boden Sayan Sensör ve Ray Profilinden Çıkan Kimyasal Yağ

T1 Kabataş Bağcılar Tramvay Hattı'nda sabit ray yağlama ünitesi bulunan ve bulunmayan 3 farklı konumda periyodik olarak ölçüm yapılarak ray profili aşınma farklarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede kurp açıları, kurp uzunlukları, parabol uzunlukları, ray sertlikleri ve günlük geçen araç sayısı gibi değerlere de yer verilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Özellikler	A Konumu	B Konumu
Kurp Açısı	33	30
Kurp Uzunluğu	35	15
Giriş Parabol Uzunluğu	14	20
Çıkış Parabol Uzunluğu	12	10
Toplam Uzunluk	61	45
Günlük Araç Geçişi	295	295
Ray Sertliği	R290	R290
Yağlama Ünitesi Var	Var	Yok

Çizelge 1. A ve B Konumlarının Geometrik ve İstatistik Bilgileri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



	Eyl.23	Eki.23	Kas.23	Ara.23	Oca.24	Şub.24	Mar.24	Nis.24	May.24	Haz.24	Tem.24	Ağu.24	Eyl.24
A Konumu	0,6	0,33	0,27	0,4	0,32	0,49	0,06	0,4	0,08	0,22	0,06	0,02	0,02
B Konumu	0,2	1,25	1,64	0,48	0,93	0,55	0,1	0,17	0,39	0,22	0,18	0,09	0,08

Görsel 6. A ve B Konumlarının Aylık Aşınma Değişimleri (12 Aylık)

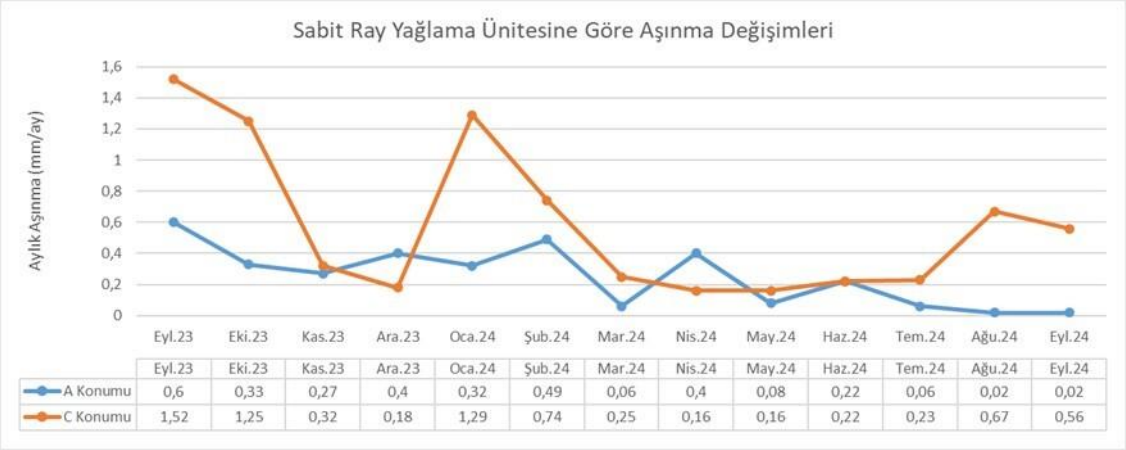
A ve B konumları değerlendirildiğinde (Görsel6);

- A ve B konumlarındaki kurp açıları birbirine yakın olmasına rağmen ray yağlama ünitesi kurulu olan A konumunda aşınmanın daha az olduğu görülmüştür.
- Ekim 2023 ve Ocak 2024 tarihlerinde B konumunda oluşan aylık aşınma farklarındaki artış durumlarının bölgedeki hava koşulları ve değerlendirmeye dahil edilmeyen çevresel etkiler sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.

Özellikler	A Konumu	C Konumu
Kurp Açısı	33	68
Kurp Uzunluğu	35	81
Giriş Parabol Uzunluğu	14	10
Çıkış Parabol Uzunluğu	12	10
Toplam Uzunluk	61	101
Günlük Araç Geçişi	295	295
Ray Sertliği	R290	R290
Yağlama Ünitesi Var	Var	Yok

Çizelge 2. A ve C Konumlarının Geometrik ve İstatistik Bilgileri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 7. A ve C Konumlarının Aylık Aşınma Değişimleri (12 Aylık)

Ave C konumları değerlendirildiğinde (Görsel 7);

- Kurp açısı ve uzunlukları birbirinden farklı olan A ve C konumlarında ray yağlama ünitesi bulunan ve daha dar açıya sahip olan A konumunda aşınmanın C konumuna göre daha az olduğu tespit edilmiştir.
- Ekim 2023 ve Ocak 2024 tarihlerinde C konumunda oluşan aylık aşınma farklarındaki artış durumlarının hava koşulları ve değerlendirmeye dahil edilmeyen çevresel etkiler sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.

3.2. Ray Sertliğinin Arttırılması

Raylı sistemlerde ray ve araç bodeninin uyumunun sağlanması oldukça önemlidir. Boden ve ray profilinin özelliklerimdeki uyumun sağlanamaması iki çelikten birinin geometrik yapısının hızla bozulmasına zemin oluşturmaktadır. Bu kapsamda ray ve boden çelik sertliklerinin birbirine yakın olması ray aşınmalarını en aza indirerek gerçekleşecek bakım ve revizyonun azalmasına neden olacaktır.

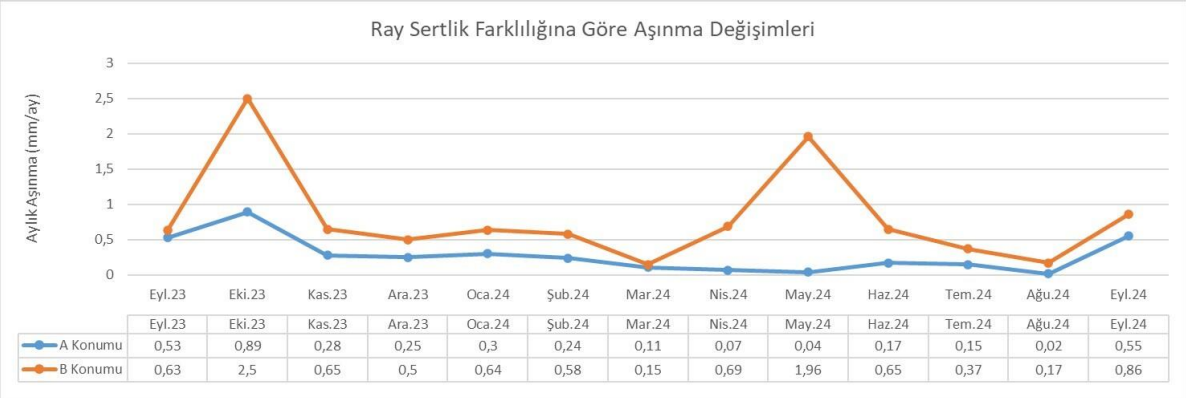
T1 Kabataş Bağcılar Tramvay Hattı'nda farklı ray sertliklerine sahip 4 farklı konumda periyodik olarak ölçüm yapılarak ray profili aşınma farklarındaki değişim değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede kurp açıları, kurp uzunlukları, parabol uzunlukları, ray sertlikleri ve günlük geçen araç sayısı gibi değerlere de yer verilmiştir (Çizelge3 ve Çizelge 4).

Özellikler	A Konumu	B Konumu
Kurp Açısı (derece)	45	31
Kurp Uzunluğu (metre)	7	28
Giriş Parabol Uzunluğu (metre)	10	8

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çıkış Parabol Uzunluğu (metre)	15	8
Toplam Uzunluk (metre)	32	44
Ray Sertliği	R340	R290
Günlük Araç Geçişi (Taşıt)	295	295

Çizelge 3. A ve B Konumlarının Geometrik ve İstatistik Bilgileri



Görsel 8. A ve B Konumlarının Aylık Aşınma Değişimleri (12 Aylık)

A ve B konumları değerlendirildiğinde (Görsel 8);

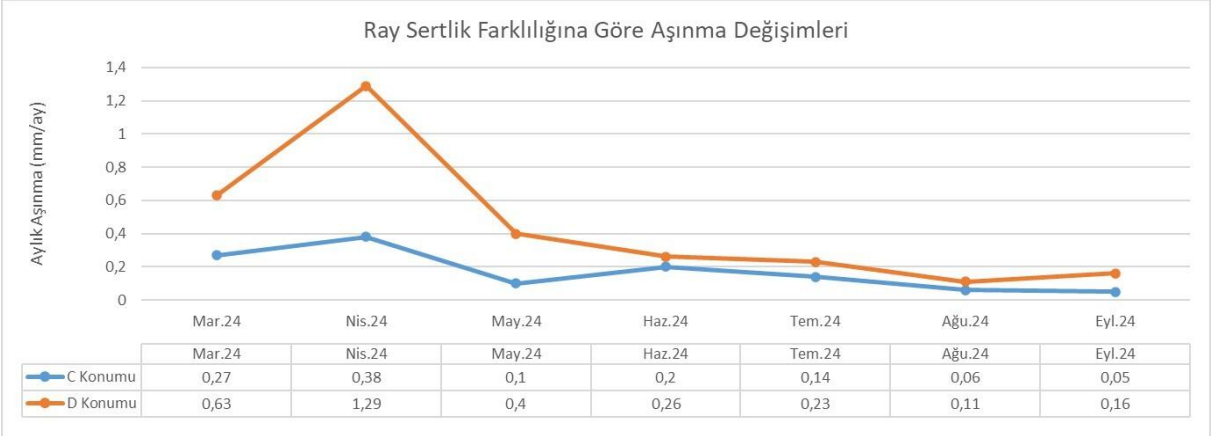
- A ve B konumlarının kurp açıları birbirine yakın olmasına rağmen yapısal olarak daha sert raya sahip A konumunda aşınmanın görece daha az olduğu görülmüştür.
- Ekim 2023 tarihindeki B konumunda oluşan aylık aşınma farklarındaki artış durumlarının yine Ekim ayında geçekleşen yanal dolgu imalatı sonrası ray boden temas yüzeyindeki ilk davranış nedeniyle ciddi miktarda olduğu görülmüştür. Bu durum yağlama siteminin aktif olmadığı tüm noktalar için benzer şekilde geçerlidir. Hava koşulları ve değerlendirmeye dahil edilmeyen çevresel etkilerin de ek olarak artışlara neden olduğu düşünülmektedir.
- Mayıs 2024 tarihindeki B konumunda oluşan aylık aşınma farklarındaki artış durumlarının yine Mayıs ayında geçekleşen yanal dolgu imalatı sonrası ray boden temas yüzeyindeki ilk davranış ve değerlendirmeye dahil edilmeyen çevresel etkiler sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.

Özellikler	C Konumu	D Konumu
Kurp Açısı (derece)	117	95
Kurp Uzunluğu (metre)	43	12
Giriş Parabol Uzunluğu (metre)	0	10
Çıkış Parabol Uzunluğu (metre)	0	10

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Toplam Uzunluk (metre)	43	32
Ray Sertliği	R290	R260
Günlük Araç Geçişi (Taşıt)	295	295

Çizelge 4. C ve D Konumlarının Geometrik ve İstatistik Bilgileri



	Mar.24	Nis.24	May.24	Haz.24	Tem.24	Ağu.24	Eyl.24
C Konumu	0,27	0,38	0,1	0,2	0,14	0,06	0,05
D Konumu	0,63	1,29	0,4	0,26	0,23	0,11	0,16

Görsel 9. C ve D Konumlarının Aylık Aşınma Değişimleri (6 Aylık)

C ve D konumları değerlendirildiğinde (Görsel 9);

- C ve D konumlarının kurp açısı birbirine yakın olmasına rağmen yapısal olarak daha sert raya sahip C konumunda aşınmanın görece daha az olduğu görülmüştür.
- Nisan 2024 tarihinde D konumunda oluşan aylık aşınma farklarındaki artışın, hava koşulları, hava koşulları kaynaklı araçların kayma ve kızaklamasını engellemek için kumlama yapılması ve bu nedenle raydaki sürtünmenin artması durumu ile, değerlendirmeye dahil edilmeyen çevresel etkiler sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.

3.3. Hat Geometrisinin Düzeltilmesi

Raylı sistemlerde ray ve araç boden temasının seviyesi raylardaki aşınmada farklılıklar görülmesine neden olmaktadır. Ray profili üzerinde boden teması ile düşey ve yatay aşınmalar meydana gelmekte ve bu aşınmaların seviyesi hattın geometrisi ile doğrudan ilişkili şekilde değişmektedir.
Ray hattı revizyonu gerçekleştirilirken bölgelerdeki kurp açısının arttırılması, kurp başlangıç ve bitişinde parabolün bulunmaması halinde parabol eklenmesi, dever değerinin araç ve yaya trafiğine sahip bölgeleri de dikkate alarak yeniden değerlendirilmesi, geometrik açıdan ray aşınmasını azaltabilecek yöntemlerdendir.

4. SONUÇLAR

Kentiçi raylı sistemlerin planlanmasından inşasına kadarki tüm süreçler bakım çalışmalarını da doğrudan etkilemektedir. Henüz projelendirme safhasında hat güzergah tercihinin doğru

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yapılması ray hattının hizmet ömrünü, bakım sürecini ve işletme konforunu doğrudan etkilemektedir. Kurp sayısının az, kurp açılarının daha geniş olması rayda oluşan yanal aşınmanın doğrudan azalmasını sağlayacaktır. Bölgelerde uygun seçilen rayın özellikleri işletme sürecindeki bakım çalışmaları azaltmaktadır. Ray çeliği sertliğinin boden çeliği sertliği ile eşdeğer veya daha sert olması ray profilindeki yanal aşınmayı doğrudan azaltacaktır. Kurp ve parabol bölgelerindeki ray boden teması sürtünmelerini azaltmak için sabit ray yağlama ünitesi kurulması yine bu aşınmayı en aza indirecektir. İşletme ve bakım ekipleri bu çıktılar değerlendirilerek en uygun bakım ve revizyon programını geliştirebilirler.

KAYNAKÇA

1. https://web.ogu.edu.tr/Storage/akalin/Uploads/demiryolu-dersnotu-1-2017.pdf
2. https://rails.arcelormittal.com/profiles/tram-rails/tram-grooved-rails/rail-59r2-ri59n/

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EVALUATION OF PVC SHAVING WASTES IN GYPSUM-BASED COMPOSITES: MECHANICAL PROPERTIES AND RECYCLING POTENTIAL

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Hayrullah SEVİNÇ
Kahramanmaraş İstiklal University, Construction Programme,
ahmethayrullah.sevinc@istiklal.edu.tr - 0000-0003-3338-8366

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Yasin DURGUN
Bartın University, Civil Engineering Department,
mydurgun@bartin.edu.tr - 0000-0003-4656-9430

ABSTRACT

Polyvinyl chloride (PVC) ranks among the most widely utilized thermoplastics globally regarding polymer consumption. When used outdoors, well-manufactured PVC materials have a service life of up to 20 years. This implies an inevitable future challenge of managing large volumes of PVC waste. PVC consumption ranks first in use as a material for window and door frames. Between the 1960s and 2010s, approximately 400 million tonnes of PVC were used, nearly half still functioning in applications like window frames. This suggests that substantial amounts of PVC waste could be available for recycling, presenting an opportunity to lower the environmental footprint of PVC window frames significantly. This study evaluated edge trimming waste (PVC shavings) generated during the processing of materials used in the PVC window and door industry as macro fibers in gypsum-based mixtures at varying volumetric proportions. Thus, the aim was to open a new avenue to recycle PVC waste, which poses a significant environmental challenge, and to produce environmentally friendly construction materials. For this reason, unit weight, ultrasonic pulse velocity, apparent porosity, water absorption, capillary water absorption, flexural strength, and compressive strength tests were performed. As the proportion of PVC shavings increased, the ultrasonic pulse velocity, compressive strength, water absorption, porosity, and capillary water absorption values decreased. The sample containing 2% PVC shavings achieved the highest flexural strength.

Keywords : PVC shavings, recycling, gypsum-based composites, engineering properties

1. INTRODUCTION

Polyvinyl chloride (PVC) ranks among the most widely utilized thermoplastics globally in terms of polymer consumption [1]. According to 2022 data, Europe accounts for 14% of global plastic production, equivalent to 58.8 Mt. In comparison, China, North America, and the Middle East hold shares of 32%, 17%, and 9%, respectively. The total global plastic production amounts to approximately 400.3 Mt, of which PVC constitutes 12%. Of the plastics produced, around 35.5 Mt are mechanically recycled, while only 0.1 Mt are chemically recycled [2]. PVC can be modified with various additives to produce materials with diverse end-use characteristics, ranging from hard plastics to pliable forms. Its durability and resistance to chemicals make it an ideal choice for applications in the construction industry, where it is predominantly utilized in products like window frames, piping, cable insulation, and flooring

materials [3]. It ranks first in use as a material for window and door frames. PVC exhibits a superior characteristic compared to other thermoplastics, as it can maintain its physical integrity at high operating temperatures, up to approximately 200 °C, with the aid of various additives. These additives include light and heat stabilizers, as well as antioxidants. Additionally, PVC is employed in the exterior cladding of buildings for both insulation and decorative purposes. Well-manufactured PVC materials have a service life of up to 20 years when used outdoors. This implies an inevitable future challenge of managing large volumes of PVC waste. Due to its chlorine content, PVC is difficult to ignite, and its combustion is not self-sustaining. However, the release of chlorinated toxic gases during combustion has redirected recycling efforts toward PVC-containing plastic materials [4].

The process of collecting recyclable waste separately at its source, processing it in solid waste sorting facilities to classify it into more homogeneous groups based on its properties, and obtaining waste in a manner that makes it reusable or convertible into secondary raw materials is defined as "recovery." The consequences of non-recyclable plastics accumulating into millions of tons annually, forming vast plastic mountains, are evident. Repurposing this waste is critically important both economically and for mitigating environmental pollution [5].

The global annual use of PVC for window frames, as reported in 2012, is approximately 3 million tonnes, accounting for about 8% of total PVC production worldwide. Between the 1960s and 2010s, an estimated 400 million tonnes of PVC were used, with nearly half still functioning in applications like window frames. This suggests that substantial amounts of PVC waste could be available for recycling, presenting an opportunity to significantly lower the environmental footprint of PVC window frames. Supporting this potential, the European PVC industry recycled around 100,000 tonnes of post-consumer window frames in 2011 [3].

Previous studies have reported that PVC waste is used as a recycled material in concrete production, replacing sand and gravel [6]. In this study, edge trimming waste (PVC chips) generated during the processing of materials used in the PVC window and door industry was evaluated as macro fibers in gypsum-based mixtures at varying volumetric proportions. To assess the usability of the produced products, several physical and mechanical engineering properties were examined. Thus, the aim was to open up a new avenue for the recycling of PVC waste, which poses a significant environmental challenge, and to produce environmentally friendly construction materials.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

2.1. Materials

The gypsum utilized in this research was sourced from a commercial vendor and complies with the TS EN 13297-1 standard. Detailed specifications of the gypsum, as supplied by the manufacturer, are presented in Tables 1 and 2.

The PVC shavings (PS) utilized in this study were obtained from waste generated by PVC door and window manufacturing workshops. The collected PS was processed into sizes of 10 mm and 15 mm, with thicknesses measured at 2 ± 0.1 mm. The unit weight of the material was approximately 0.10 g/cm³. Visual representations of the PS used in the study are provided in Figure 1.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Table 1. Technical properties of the gypsum

Property	Value
Initial setting time (min)	> 8
Final setting time (min)	≈ 30
Minimum compressive strength (40x40 mm) (MPa)	10
Minimum flexural strength (40x40x160 mm) (MPa)	4.5
Grains under 200 µm (min) (%)	%99.5
Grains under 100 µm (min) (%)	%95.0
Loose unit weight (g/cm^3)	0.75 – 0.80
Dry unit weight (g/cm^3)	1.05 – 1.10
Density (g/cm^3)	2.29
Loss on ignition (%)	18.84
Fineness (m^2/g)	500

Table 2. Chemical analysis of the gypsum (%)

Compound	Value
SiO_2 (%)	3.16
Al_2O_3 (%)	0.44
Fe_2O_3 (%)	0.37
CaO (%)	40.71
MgO (%)	0.61
SO_3 (%)	51.79
Na_2O+K_2O (%)	0.26



Figure 1. Visuals of waste PVC shavings used in the study

2.2. Methods

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

In this study, waste PS obtained from PVC door and window manufacturing workshops was cut and adjusted to suitable sizes of 10 mm and 16 mm for use in the experiments. The prepared PS was incorporated into gypsum-based mixtures at volumetric proportions of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, and 12%. The mix proportions used in the study are detailed in Table 3.

Table 3. Mix design

Sample code	Gypsum (g)	Water (g)	PVC Shavings (g)
R	1200	720	-
PVC2	1183.9	710.34	1.54
PVC4	1167.8	700.68	3.08
PVC6	1151.7	691.02	4.62
PVC8	1135.6	681.36	6.16
PVC10	1119.5	671.7	7.70
PVC12	1103.4	662.04	9.24

The number preceding the "PVC" indicates the volumetric percentage of PS used. For example, "PVC8" refers to a mixture containing %8 PS.

To achieve a uniform blend, gypsum and PSs were initially mixed in a laboratory-scale cement mixer for 30 seconds. Water was then added and mixing continued for an additional 90 seconds—30 seconds at low speed followed by 60 seconds at high speed. The resulting mixtures were poured into prismatic molds with dimensions of 40x40x160 mm and lightly vibrated to remove air pockets. After setting for 24 hours under laboratory conditions, the samples were demolded and cured in the same environment for 7 days. They were then oven-dried at 65°C for 48 hours to eliminate any remaining moisture. The tests conducted are listed in Table 4, while Figure 2 illustrates the experimental process.

Table 4. Tests performed and related standards

Test name	Standard
Unit weight	ASTM C 138
Ultrasonic pulse velocity (UPV)	ASTM C 597
Water absorption	ASTM C 20
Apparent porosity	ASTM C 20
Capillary water absorption	TS EN 480-5
Bending strength	TS EN 196-1
Compressive strength	TS EN 196-1

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

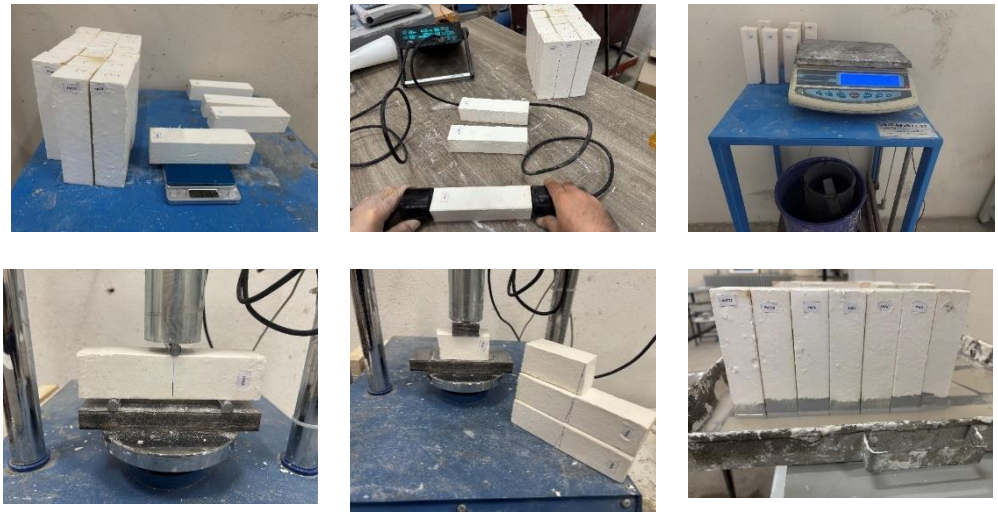


Figure 2. Images of the experimental process

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of the unit weight test are presented in Figure 3.

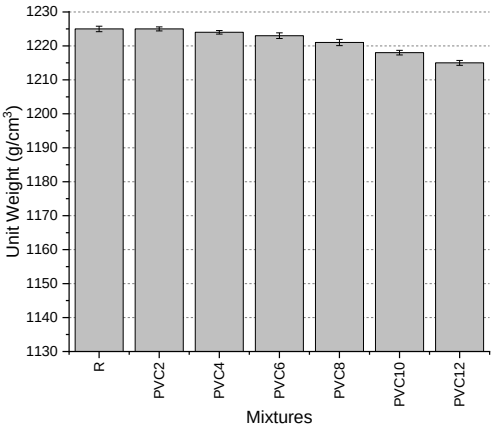


Figure 3. Results of the unit weight test

The unit weight values range between 1215 and 1225 g/cm³, indicating a minimal variation of only 10 g/cm³. This narrow range suggests that using PS has a negligible impact on unit weight results. However, a consistent decreasing trend is observed as the PS content increases.

The results of the UPV test are illustrated in Figure 4.

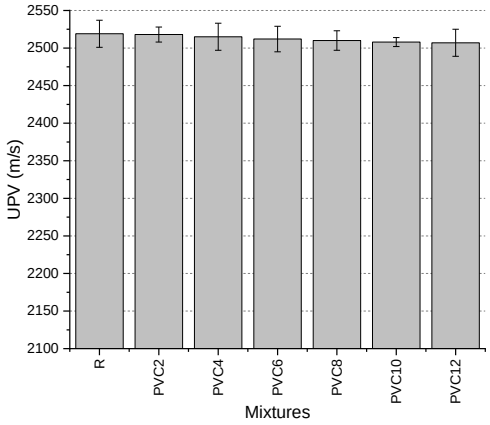


Figure 4. Results of the UPV test

The UPV test results range from 2507 to 2519, exhibiting a very narrow variation similar to the unit weight results. The difference between the highest and lowest values is only 0.47%. This indicates that UPV values are not significantly influenced by the incorporation of PS. However, as with the unit weight results, a decreasing trend is observed with increasing PS content.

Figure 5 illustrates the results of the flexural strength tests.

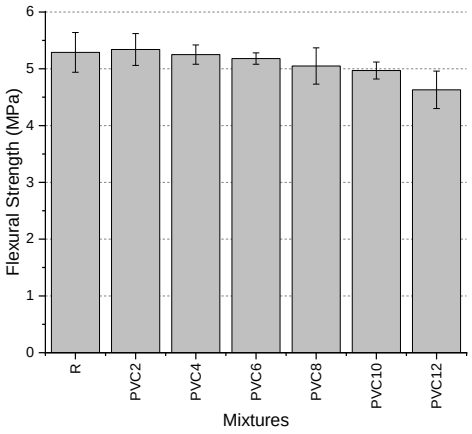


Figure 5. Results of the flexural strength tests

The flexural strength results range from 4.63 MPa to 5.34 MPa, with the reference sample showing a flexural strength of 5.29 MPa. The highest value was achieved with a 2% PS incorporation, resulting in a 0.94% increase compared to the reference. However, PS usage above 2% led to lower flexural strength values than the reference, with the strength declining as the PS content increased. At a 4% PS ratio, a 0.75% reduction was observed, while at 12% PS, the loss reached 12.5%.

Figure 6 shows the results of the compressive strength tests.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

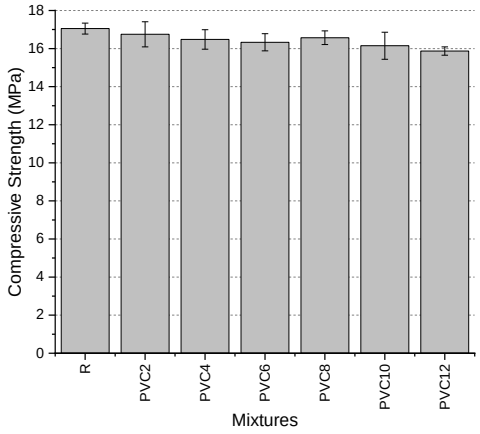


Figure 5. Results of the compressive strength tests

The compressive strength results range between 15.87 MPa and 17.05 MPa, with the highest value obtained from the reference sample. Increasing the PS content led to a reduction in compressive strength. At lower PS incorporation levels, such as 2% and 4%, the observed losses were minimal, at 1.8% and 3.3%, respectively. However, as the PS ratio increased to 12%, the loss reached 6.9%.

Figure 6 shows the results of the water absorption and apparent porosity tests.

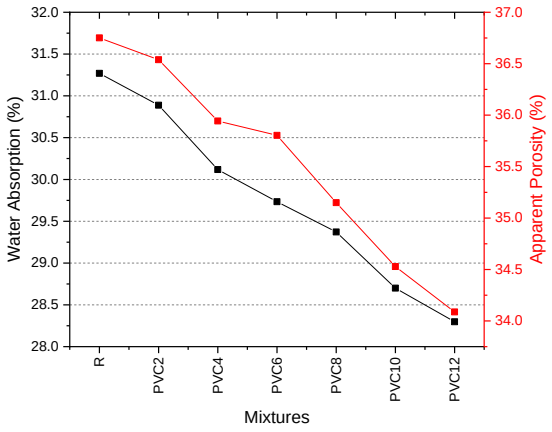


Figure 6. Water absorption and apparent porosity results

The water absorption values range from 28.3% to 31.3%, while the porosity values range from 34.1% to 36.8%. The highest values for both properties were obtained from the reference sample. A decrease in these values was observed with increasing PS usage rates. When examining the extent of the reduction, the water absorption value decreased by a maximum of 9.6%, while the porosity value decreased by a maximum of 7.3%.

Figure 7 illustrates the capillary water absorption values.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

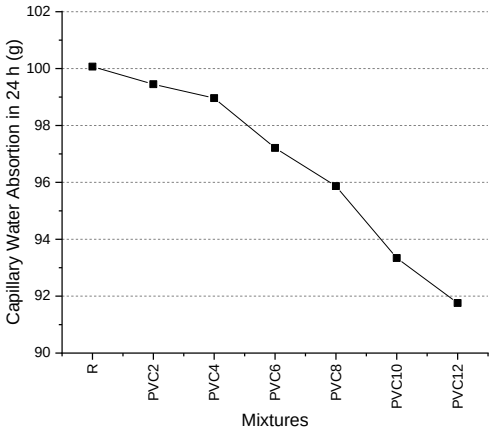


Figure 6. Water absorption and apparent porosity results

At the end of the 24-hour water absorption test, the amount of water absorbed through capillary action ranged from 91.76 g to 100.7 g. A continuous decrease in water absorption was observed with increasing PS usage. The difference between the highest and lowest water absorption values was 8.31 g, corresponding to 8.3%. At lower usage rates (e.g., 2% and 4%), the reduction was 1% or less, indicating no significant changes.

4. CONCLUSIONS

In the experimental studies, waste PVC shavings cut to lengths of 8 mm and 16 mm were used in various proportions in gypsum-based composites, and their effects on various engineering properties were analyzed. Based on the experimental results, the following conclusions can be drawn:

- PS incorporation caused minimal changes in unit weight (1215–1225 g/cm³) and UPV (2507–2519 m/s), with both showing slight decreasing trends as PS content increased.
- Flexural strength peaked at 2% PS incorporation (5.34 MPa, +0.94%) but decreased at higher levels, with a 12.5% reduction at 12% PS.
- Compressive strength declined with PS addition, with minimal losses (1.8–3.3%) at 2–4% PS and a 6.9% reduction at 12% PS.
- Both properties decreased with PS use, with maximum reductions of 9.6% and 7.3%, respectively, compared to the reference sample.
- A continuous decline was observed, with a maximum reduction of 8.3%. Changes were minimal (≤1%) at lower PS ratios (2–4%).

These results indicate that while PS incorporation impacts the mechanical and physical properties of the composites, moderate usage levels (e.g., 2%) can enhance some properties, such as flexural strength, without significant negative effects on others.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REFERENCES

1. Sadat-Shojai M, Bakhshandeh GR. Recycling of PVC wastes. *Polym Degrad Stab*. 2011;96(4):404-415. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2010.12.001
2. Plastics Europe. Plastics - the fast facts 2023. *2023*. Published online 2023:2023.
3. Stichnothe H, Azapagic A. Life cycle assessment of recycling PVC window frames. *Resour Conserv Recycl*. 2013;71:40-47. doi:10.1016/j.resconrec.2012.12.005
4. Ankhelia ASN. *Çeşitli Sunta ve PVC Atıklarının Temel Koprolizi*. Kastamonu Üniversitesi; 2019.
5. Özdilek C. *Katkılı PET Ve PVC Atıklarının Seçimli Olarak AyrılmasınaYönelik Yüzey Özelliklerinin Araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi; 2011.
6. Senhadji Y, Escadeillas G, Benosman AS, Mouli M, Khelafi H, Kaci SO. Effect of incorporating PVC waste as aggregate on the physical, mechanical, and chloride ion penetration behavior of concrete. *J Adhes Sci Technol*. 2015;29(7):625-640. doi:10.1080/01694243.2014.1000773

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

INVESTIGATING THE POTENTIAL OF WASTE PINE NEEDLES AS FIBER ADDITIVES IN GYPSUM COMPOSITES: AN EVALUATION OF ENGINEERING PROPERTIES

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Yasin DURGUN
Bartın University, Civil Engineering Department,
mydurgun@bartin.edu.tr - 0000-0003-4656-9430

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Hayrullah SEVİNÇ
Kahramanmaraş İstiklal University, Construction Programme,
ahmethayrullah.sevinc@istiklal.edu.tr - 0000-0003-3338-8366

ABSTRACT

The genus *Pinus* (pine) includes over 100 naturally distributed species. According to 2022 data, more than 48% of Turkey's forested areas consist of pine tree species. Plenty of dried pine needles accumulate yearly on the forest floor, creating a dense layer. These waste pine needles on the forest floor cause issues such as soil erosion, forest fires, and the inhibition of the growth of other forest vegetation. Therefore, evaluating waste pine needles in various forms is environmentally and economically important. On the other hand, the mechanical properties of pine needles, such as tensile strength, tensile modulus, and shear modulus, enable the production of alternative eco-friendly concrete roofing materials, plywood, furniture, and flooring. This study sorted waste pine needles into different sizes (8 and 16 mm) and incorporated them into gypsum-based mixtures at four different volumetric ratios (0.5%, 1%, 1.5%, and 2%). Unit weight, ultrasonic pulse velocity, apparent porosity, water absorption, capillary water absorption, flexural strength, and compressive strength tests were performed. As the proportion of pine needles increased in the samples, ultrasonic pulse velocity, compressive strength, water absorption, porosity, and capillary water absorption values decreased. The best flexural strength values were achieved with 0.5% pine needle content in both sizes. The longer fiber length slightly improved the flexural strength.

Keywords : Pine needles, gypsum, fiber reinforcement, engineering properties

1. INTRODUCTION

The genus *Pinus* (pine) includes over 100 species that are naturally distributed in the polar regions of the Northern and Southern Hemispheres, as well as in Europe, Asia, North America, Guatemala, the West Indies, North Africa, and Indonesia. In Turkey, five species of *Pinus* (Pinus nigra-black pine, Pinus brutia-red pine, Pinus pinea-stone pine, Pinus sylvestris-scots pine, Pinus halepensis-Aleppo pine) are found naturally. In addition to the naturally occurring members, several non-native species of *Pinus* are commonly planted as ornamental trees in parks and gardens, such as Pinus coulteri-Coulter pine, Pinus mugo-mountain pine, Pinus palustris-southern yellow pine, Pinus pinaster-maritime pine, Pinus ponderosa-Ponderosa pine, Pinus radiata-Monterey pine, Pinus sabiniana-Sabine pine, Pinus

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

aristata-Hickory pine, Pinus cembra-Swiss stone pine, Pinus griffithii-weeping pine, Pinus peuce-Rumelian Weymouth pine, and Pinus strobus-Weymouth pine [1].

According to 2022 data, 23,245,000 hectares of forest land in Turkey comprise 22.85% red pine (*Pinus brutia*), 17.54% black pine (*Pinus nigra*), 6.68% Scots pine (*Pinus sylvestris*), 0.75% stone pine (*Pinus pinea*), and 0.24% maritime pine (*Pinus pinaster*). Additionally, a small proportion of other pine species is also present [2]. The needles of pine trees are organized in fascicles, which are an important morphological feature used to distinguish various species. Once they mature, the needles change to a yellow hue and fall from the tree either individually or in clusters [3]. Every year, starting in the summer and continuing until the rainy season, vast quantities of dried pine needles accumulate on the forest floor, creating a dense layer. When the layer of pine needles averages up to 50 mm in thickness, it is regarded as safe, non-flammable, and effective in reducing soil erosion. However, when this threshold is exceeded, pine needles become a significant environmental challenge [4]. When pine needles accumulate on the forest floor during the summer, they form a dense, acidic layer that diminishes the soil's water absorption capacity beneath it, creating unfavorable conditions for the growth of other species. Additionally, their highly flammable nature makes them prone to igniting forest fires, which can further result in significant soil erosion [5]. They impact the growth of other plants and disrupt the groundwater table by reducing the soil's ability to absorb water [6]. Pine needle biomass, being a lignocellulosic raw material, comprises a complex polymeric structure referred to as lignocellulose. This intricate composition renders it highly resistant to biodegradation [7]. Although the collection and transportation of pine needles pose a considerable challenge, they also offer employment opportunities for rural communities [4]. Proper utilization of pine needles can significantly reduce the occurrence of forest fires [8].

Researchers worldwide have investigated the chemical and mechanical properties of pine needles. Mechanical attributes like tensile strength (21-60 MPa), tensile modulus (210-3500 MPa) and shear strength have proven valuable for eco-friendly applications, such as the development of bio-composites, which offer a sustainable alternative for concrete roofing materials, plyboards, furniture, and floorings. Pine needles are utilized in rural areas for the production of briquettes. Additionally, their extracts are traditionally used for treating wounds and aiding in the recovery from various ailments. Moreover, various products can be developed from pine needles to extend the shelf life of food items. [3]. Pine needles have also been found to be utilized in bioethanol production [7], as biosorbents [6], in paper manufacturing [9], for the production of certain enzymes [4], and as an environmentally friendly energy source [10].

In this study, waste pine needles collected from the forest floor were sorted into different sizes and evaluated as fibers in gypsum-based mixtures at varying proportions. The engineering properties of the produced gypsum composites were assessed to investigate the potential compatibility of pine needles with gypsum products.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

2.1. Materials

The gypsum used in this study was obtained from a commercial supplier and adheres to the TS EN 13297-1 standard. The properties of the gypsum, as provided by the supplier, are outlined in Table 1

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

and Table 2. The waste pine needles (PN) utilized in this study were collected from the forest floor. To remove impurities such as dirt and other foreign materials, the collected PN were washed with lukewarm water and subsequently dried. The characteristics of the PN are presented in Table 3, while Figure 1 illustrates the PNs used in the study.

Table 1. Technical properties of the gypsum

Property	Value
Initial setting time (min)	> 8
Final setting time (min)	≈ 30
Minimum compressive strength (40x40 mm) (MPa)	10
Minimum flexural strength (40x40x160 mm) (MPa)	4.5
Grains under 200 µm (min) (%)	%99.5
Grains under 100 µm (min) (%)	%95.0
Loose unit weight (g/cm^3)	0.75 – 0.80
Dry unit weight (g/cm^3)	1.05 – 1.10
Density (g/cm^3)	2.29
Loss on ignition (%)	18.84
Fineness (m^2/g)	500

Table 2. Chemical analysis of the gypsum (%)

Compound	Value
SiO_2 (%)	3.16
Al_2O_3 (%)	0.44
Fe_2O_3 (%)	0.37
CaO (%)	40.71
MgO (%)	0.61
SO_3 (%)	51.79
Na_2O+K_2O (%)	0.26

Table 3. Mineral components of the PN (mg%) [11]

Mineral	June	December
K	514.00	534.50
Ca	294.12	329.01
Mg	84.74	88.67
Mn	18.48	17.73
Na	16.43	19.10

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Fe	4.57	5.04
P	19.15	24.19



Figure 1. Images of pine needles used in the study

2.2. Methods

In this study, the PNs collected from the forest floor were washed with lukewarm water and dried before being prepared for use. The PNs were then cut into two different sizes, 8 mm and 16 mm. The PNs had a bulk density of approximately 0.36 g/cm³, with a thickness of 1 mm. The prepared PNs were incorporated into gypsum-based mixtures at volumetric ratios of 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. The mixture proportions of the gypsum-based composites are detailed in Table 4.

Table 4. Mixture design of composites

Sample code	Gypsum (g)	Water (g)	Pine needles (g)
R	1200	720	-
8N0.5	1196	717.6	1.50
8N1	1192	715.2	3.00
8N1.5	1188	712.8	4.50
8N2	1184	710.4	6.00
16N0.5	1196	717.6	1.30
16N1	1192	715.2	2.60
16N1.5	1188	712.8	3.90
16N2	1184	710.4	5.20

The letter "N" in the codes provided in Table 4 represents PN. The number on the left indicates the length of the PN used, while the number on the right specifies the usage percentage. For instance, "8N2" denotes a mixture containing 8 mm long PN at a usage ratio of 2%.

To ensure a homogeneous mixture, gypsum and PNs were first mixed in a laboratory-scale cement mixer for 30 seconds. Following this, water was added, and the mixing process continued for a total of 90 seconds—30 seconds at a low speed and 60 seconds at a high speed. The prepared mixtures were then placed into prismatic molds measuring 40x40x160 mm and gently vibrated. After 24 hours of setting under laboratory conditions, the specimens were demolded and allowed to cure in the same environment for 7 days. Subsequently, the samples

were oven-dried at 65°C for 48 hours to remove any residual moisture. The tests performed are given in Table 5. The visuals of the experimental study are given in Figure 2.

Table 5. Tests performed and related standards

Test name	Standard
Unit weight	ASTM C 138
Ultrasonic pulse velocity (UPV)	ASTM C 597
Water absorption	ASTM C 20
Apparent porosity	ASTM C 20
Capillary water absorption	TS EN 480-5
Bending strength	TS EN 196-1
Compressive strength	TS EN 196-1

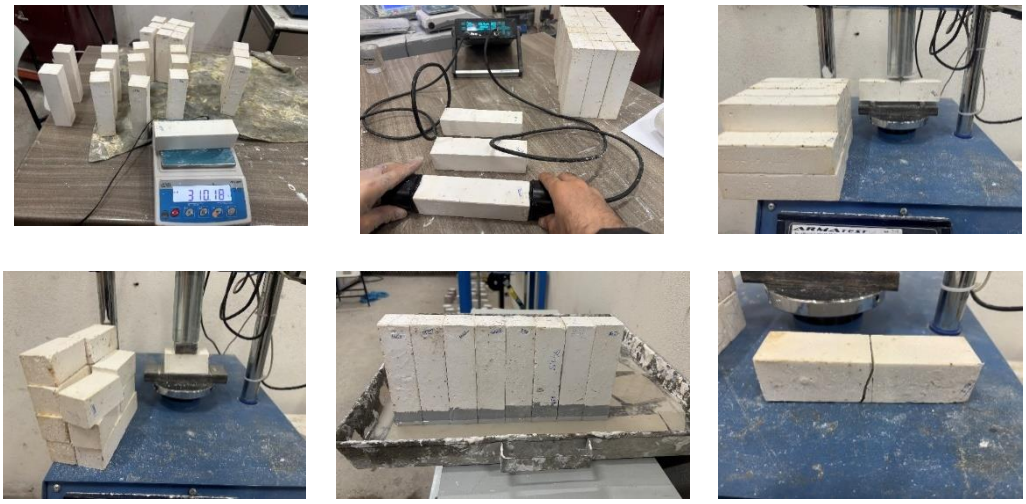


Figure 2. Images of pine needles used in the study

3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 illustrates the results of unit weight test.

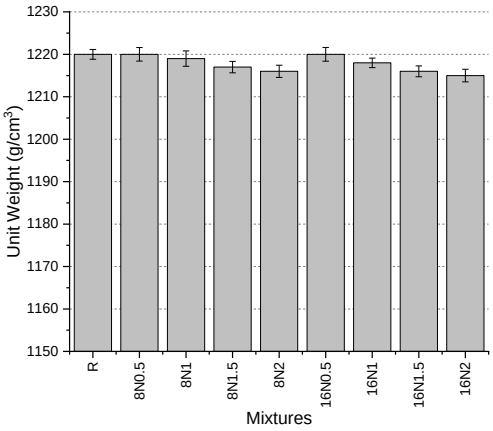


Figure 3. Results of unit weight test

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The unit weight results were observed to range between 1215 and 1220 g/cm³, indicating a very narrow data range. Although a decrease in unit weight was noted with the inclusion of PN and its increasing usage ratio, the maximum reduction was only 0.4%. Therefore, it can be concluded that using PN has a negligible effect on unit weight.

Figure 4 shows the UPV results.

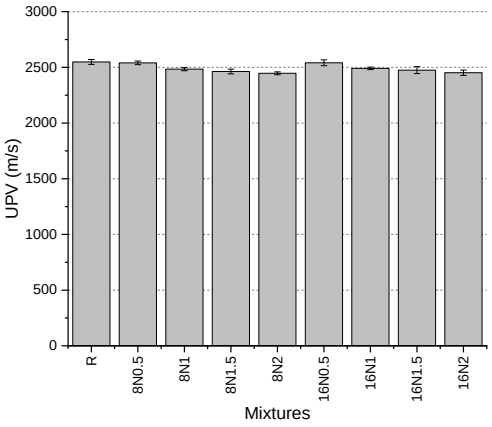


Figure 4. UPV results

The UPV values ranged between 2447 and 2549 m/s. Similar to the unit weight results, an increase in PN usage ratio led to a reduction in UPV values. Consequently, the highest value was observed in the reference sample, while the lowest was recorded in the 8N2 sample. Although the differences between the results were not substantial, using 16 mm PN yielded higher UPV values compared to 8 mm PN. The 8N2 sample exhibited a 4% reduction relative to the reference sample, whereas the 16N2 sample showed a 3.8% decrease.

Figure 5 shows the flexural strength results.

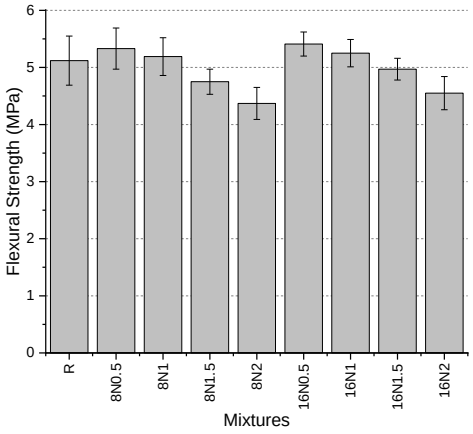


Figure 5. Flexural strength results

The flexural strength results ranged from 4.37 to 5.41 MPa, with the reference sample demonstrating a flexural strength of 5.12 MPa. For both fiber lengths, incorporating PN at 0.5% and 1% ratios resulted in a slight increase in flexural strength. The use of 8 mm PN provided a slightly higher improvement, with a 4.1% increase compared to 2.5% for 16 mm PN. At higher usage ratios, the flexural strength progressively decreased. The lowest strength was observed

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

in the 8N2 sample. The maximum reduction in strength was 14.6% for 8 mm PN and 11.1% for 16 mm PN.

Figure 6 illustrates the compressive strength results.

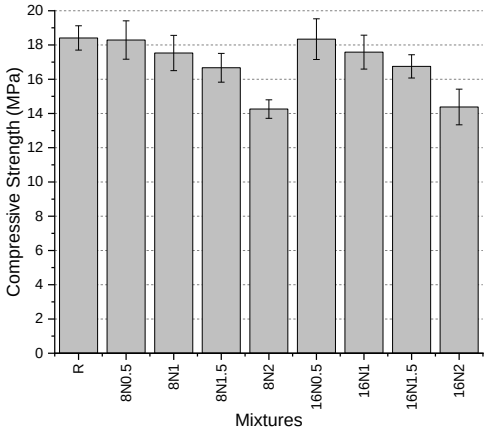


Figure 6. Compressive strength results

The compressive strength results ranged from 14.26 MPa to 18.41 MPa, with the highest value observed in the reference sample. The inclusion of PN led to a reduction in compressive strength. At a 0.5% usage ratio, both fiber lengths exhibited minimal decreases, with reductions of 0.65% for 8 mm PN and 0.38% for 16 mm PN—both under 1%. However, increasing the usage ratio significantly amplified this decline. At a 2% usage ratio, compressive strength losses were 22.5% for the 8N series and 21.9% for the 16N series. Despite these reductions, all compressive strength values exceeded the minimum requirement of 10 MPa specified by the manufacturer for gypsum mixtures with the same water ratio (see Table 1).

Figure 7 shows the water absorption and apparent porosity test results.

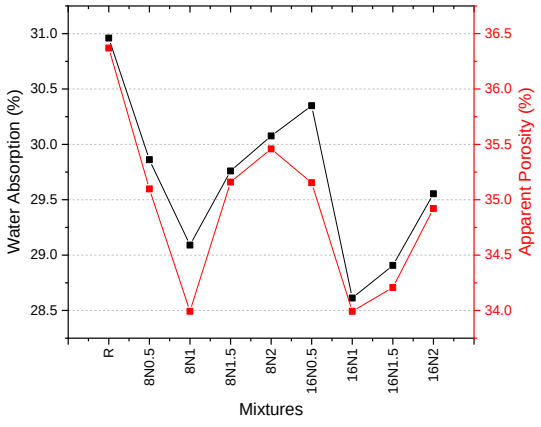


Figure 7. Results of water absorption and apparent porosity

The water absorption values range from 28.61% to 30.96%, while the porosity values range from 33.99% to 36.37%. The highest values for both parameters were obtained from the reference sample. Both values decreased up to a 1% PN usage rate and increased at higher usage rates. The lowest value was obtained from the 8N1 sample. The decrease in water absorption was 7.6%, while the reduction in porosity was 6.5%.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Figure 8 shows the capillary water absorption after 24 hours.

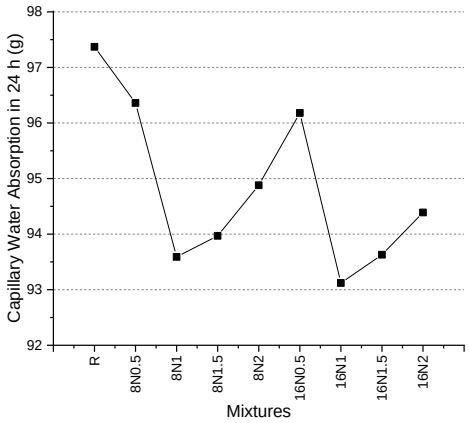


Figure 8. Results of capillary water absorption

The amount of water absorbed through capillary action over a 24-hour period ranges from 93.12 g to 97.37 g. Similar to the atmospheric water absorption values, capillary water absorption decreased up to a 1% PN usage rate and then increased. At the 1% PN usage rate, the decrease was 3.78 g for 8 mm PN and 4.25 g for 16 mm PN. The total decrease was found to be below 5%.

4. CONCLUSIONS

In the experimental study, the use of waste pine needles, reduced to 8 and 18 mm sizes, in gypsum-based mixtures was examined with respect to various fundamental engineering properties. Based on the results obtained from the experimental work, the following conclusions can be drawn:

- The use of PN has no significant effect on the unit volume weight.
- UPV values decrease with the usage of PN. The maximum decrease, which is 4%, indicates that this property is not significantly affected.
- Flexural strength values showed a slight increase up to a 1% PN usage rate. A 0.5% usage rate was more beneficial for flexural strength. For higher usage rates, the loss in flexural strength exceeded 10%. Longer fiber lengths had a slightly greater effect.
- Compressive strength values decreased with the usage of PN. The maximum decrease occurred at a 2% usage rate, with losses rising above 20%. However, at small usage rates, such as 0.5%, the loss was even less than 1%.

In conclusion, the use of waste PN was found to have little effect on certain properties, causing only very small changes. However, the positive developments in flexural strength at small usage rates (such as 0.5% and 1%) and the slight reductions in water absorption suggest that this material could still be beneficial in small amounts. Therefore, more detailed research on the use of waste PNs in gypsum is needed.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

REFERENCES

1. Biçakçi A, Tosunoğlu A, Altunoğlu MK, Akkaya A, Malyer H, Sapan N. Allerjenik Pinus (Çam Ağacı) polenlerinin Türkiye' deki dağılımları. *Asthma Allergy Immunol*. 2011;9:92-100.
2. Tarım ve Orman Bakanlığı OGM. *Orman İstatistikleri 2022*.; 2023.
3. Gupta A, Ghosh P, Arora K, Sharma S, Kumar S. Valorization potential of pine needle waste biomass: recent trends and future perspectives. *Environ Sci Pollut Res*. 2024;31(25):36136-36151. doi:10.1007/s11356-023-27440-0
4. Bhattacharya R, Arora S, Ghosh S. Utilization of waste pine needles for the production of cellulolytic enzymes in a solid state fermentation bioreactor and high calorific value fuel pellets from fermented residue: Towards a biorefinery approach. *Renew Energy*. 2022;195:1064-1076. doi:10.1016/j.renene.2022.06.067
5. Rana AK, Guleria S, Gupta VK, Thakur VK. Cellulosic pine needles-based biorefinery for a circular bioeconomy. *Bioresour Technol*. 2023;367(November 2022):128255. doi:10.1016/j.biortech.2022.128255
6. Ranote S, Chauhan S, Kumar K, Kowalczuk M, Chauhan GS. Pine needles, a forest waste biomass, driven biosorbent for malachite green dye. *Biomass Convers Biorefinery*. 2023;14(20):25885-25899. doi:10.1007/s13399-023-04611-0
7. Wawro A, Jakubowski J, Gieparda W, Pilarek Z, Łacka A. Potential of Pine Needle Biomass for Bioethanol Production. *Energies*. 2023;16(9):1-10. doi:10.3390/en16093949
8. Hasan MR, Deshmukh RK, Hossain MB, Mia MR, Gaikwad KK. Valorization of waste pine needle biomass into cushioning material for protective packaging applications: a sustainable alternative to expanded polystyrene. *Biomass Convers Biorefinery*. 2024;(0123456789). doi:10.1007/s13399-024-06056-5
9. Gupta A, Preetam A, Ghosh P, et al. A novel combinatorial approach for cleaner production of biodegradable sheets from the combination of paddy straw and pine needle waste. *J Clean Prod*. 2023;421(July):138440. doi:10.1016/j.jclepro.2023.138440
10. Joshi MC, Singh S, Kumar R. Pine Needles and Agro Waste : A New Eco-Friendly Energy Resource. *Neuro Quantology | Sept 2022 | Vol 20 | Issue 9 | Page 2265-2271*. 2019;20(July):44-51. doi:10.14704/nq.2022.20.9.NQ44266
11. Chung HJ, Hwang GH, Yoo MJ, Rhee SJ. Chemical composition of pine sprouts and pine needles for the production of pine sprout tea. *Korean J Diet Cult*. 1996;11(5):635-641.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

EFFIS, GWIS VE OGM VERİLERİ İLE UZAKTAN ALGILAMA TABANLI BÜYÜK ÇAPLI ORMAN YANGINLARININ ANALİZİ: 2021 YILI MANAVGAT YANGINI ÖRNEĞİ

Mühendis Zeynep Derya Çetin
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Niğde, Türkiye,
deryazeynep2596@gmail.com – 0000-0002-2654-8977

Prof. Dr. Kutalmış GÜMÜŞ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Niğde, Türkiye,
kgumus@ohu.edu.tr - 0000-0003-3114-8449

Dr. Öğr. Üyesi Münevver Gizem GÜMÜŞ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Niğde, Türkiye,
gizemkisaaga@ohu.edu.tr - 0000-0003-4606-2277

ÖZET

Orman yangınları, geniş alanlarda ciddi çevresel ve ekonomik kayıplara yol açan doğal afetlerdir. Bu yangınların etkilerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, hem afet yönetimi hem de ekosistem restorasyonu için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, 2021 yılında Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde meydana gelen ve 10 gün süren Manavgat orman yangını örnek olarak ele alınmıştır. Çalışmada, uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılarak Sentinel-2 uydu verileri Google Earth Engine (GEE) platformu üzerinden işlenmiştir. Yangından etkilenen alanların tespiti için Normalleştirilmiş Yanıklık İndeksi (NBR), Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ve Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI) hesaplanmış ve değişim (D-fark) indeksleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Avrupa Orman Yangını Bilgi Sistemi (EFFIS), Küresel Orman Yangını Bilgi Sistemi (GWIS) ve Türkiye Orman Genel Müdürlüğü (OGM) verileri ile karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Analizler, doğru spektral indekslerin seçilmesinin, yangın şiddetinin ve etkilerinin

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

hassas bir şekilde değerlendirilmesinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, GEE platformunun uzamsal, zamansal ve spektral çözünürlükteki güçlü analiz kapasitesini vurgulamakta ve yangın sonrası analizlerde uzaktan algılama tekniklerinin sağladığı bilimsel katkıyı göstermektedir. Ayrıca, farklı veri kaynaklarının bir arada kullanılması, doğrulama sürecini güçlendirerek sonuçların güvenilirliğini artırmıştır. Çalışma, afet yönetimi ve ekosistem iyileştirme stratejileri için değerli bilgiler sunarken, gelecekteki araştırmalar için rehberlik etmektedir.

Anahtar Kelimeler : *Google Earth Engine, NBR, NDMI, NDVI, Orman Yangınları, Uzaktan Algılama*

1. GİRİŞ

Ormanlar, dünyadaki en karmaşık ve biyolojik olarak zengin ekosistemlerden biridir. Atmosferdeki karbonu depolama, iklim düzenlemesi, su döngüsünün sürdürülmesi, toprak koruma ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi hayati işlevlere sahip olan ormanlar, gezegenimizin çevresel dengesinin temel taşlarındandır (FAO, 2015). Türkiye, Akdeniz iklimine sahip bölgeleri nedeniyle orman yangınlarına karşı oldukça hassas bir ülkedir. Özellikle yaz aylarında artan sıcaklıklar, düşük nem oranları ve kuvvetli rüzgarlar, yangın riskini artıran faktörlerdir. Son .yıllarda Türkiye'de meydana gelen büyük orman yangınları, bu riskin ne kadar ciddi olduğunu gözler önüne sermektedir. 2021 yazında Antalya ve Muğla illerinde meydana gelen büyük orman yangınları, sadece ormanlık alanları değil, aynı zamanda yerleşim yerlerini, tarım alanlarını ve turizm faaliyetlerini de olumsuz etkilemiştir (WWF-Türkiye & NATURA Doğa ve Kültür Koruma Derneği, 2022, p. 7). Bu yangınlar, Türkiye'nin doğal. zenginliklerine ciddi zarar vermiş ve yerel ekonomiyi olumsuz yönde etkilemiştir.

Orman yangınlarının etkilerini izlemek ve analiz etmek, bu felaketlerle başa çıkmak için hayati öneme sahiptir. Uzaktan algılama teknolojileri, orman yangınlarının .izlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü bir araçtır. .Uzaktan algılama, yer yüzeyinden yayılan veya yansıyan elektromanyetik enerjiyi algılayarak, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemeye olanak tanır (Lillesand, Kiefer ve Chipman, 2015). Bu teknoloji, geniş alanların hızlı ve verimli bir şekilde izlenmesini sağlayarak, orman yangınları gibi geniş çaplı felaketlerin tespiti ve analizi için ideal bir çözüm sunar.

Google Earth Engine (GEE), büyük uydu verisi setlerinin işlenmesi ve analizi için güçlü bir bulut tabanlı platformdur. GEE, yüksek miktarda veriyi işleyebilme kapasitesi ve

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

gelişmiş analiz araçları sayesinde, çevresel değişikliklerin izlenmesi ve analiz edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Gorelick et al. 2017).

Bu tez çalışmasında, orman yangınlarının geniş çaplı etkilerini belirlemek ve bu etkilerin istatistiksel analizini yapmak amacıyla çeşitli spektral indeksler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, Antalya ili sınırları içinde 28 Temmuz 2021 ile 28 Ağustos 2021 tarihleri arasında meydana gelen orman yangınları incelenmiştir. Yangın öncesi ve sonrası uydu görüntüleri kullanılarak yangın alanlarının tespiti gerçekleştirilmiş ve bu alanlara ilişkin elde edilen veriler resmi istatistiklerle karşılaştırılmıştır. Böylece kullanılan spektral indekslerin doğruluğu ve etkinliği analiz edilmiştir.

Google Earth Engine platformu kullanılarak yapılan analizler, yangınların çevresel etkilerinin belirlenmesine ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Çalışma, hem akademik literatüre bilimsel katkılar sunmayı hem de orman yangınları ile mücadelede karar vericiler için rehberlik etmeyi hedeflemektedir.

2. MATERYAL VE METOT

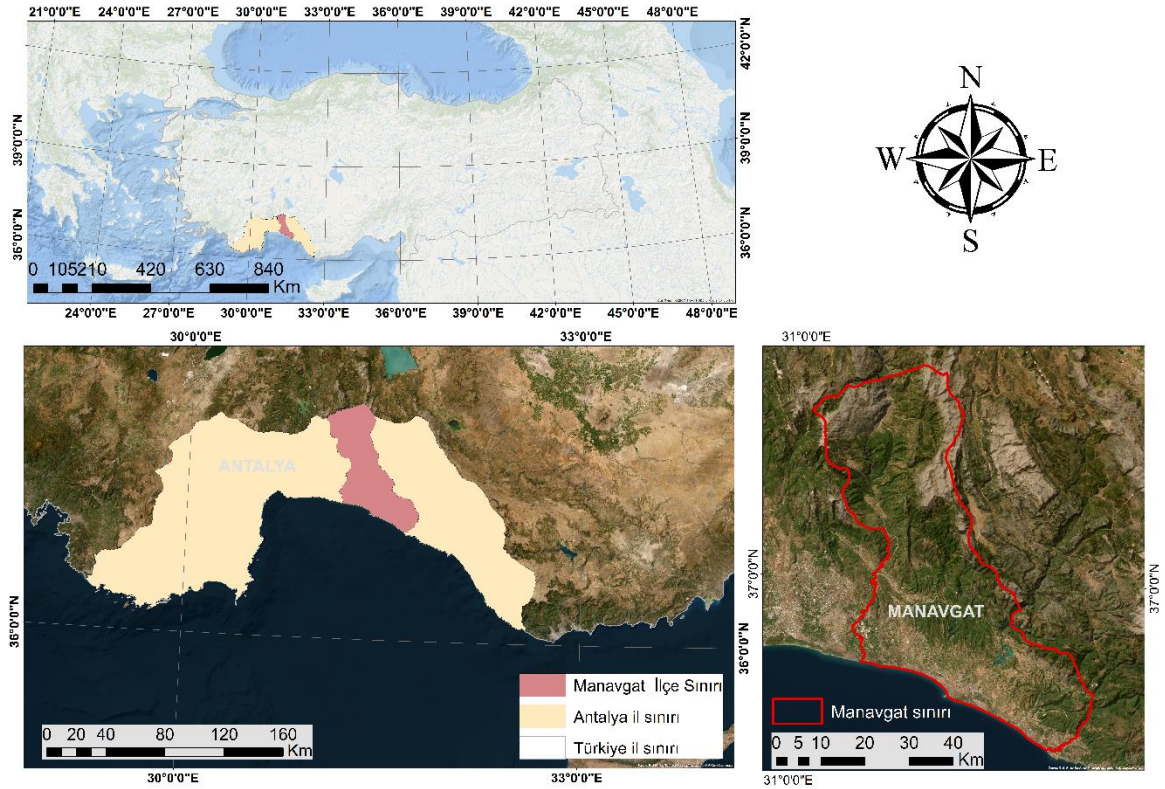
2.1. Çalışma Alanı

Akdeniz Bölgesi, Türkiye'de orman büyümesi açısından büyük öneme sahiptir. Bölge, sıcak ve kuru yaz iklimi nedeniyle sık ve yoğun orman yangınlarının yaşandığı bir alandır. Manavgat, Antalya'nın doğusunda, Akseki ve Gündoğmuş ile komşu olup Toros Dağları ve Akdeniz arasında yer alır. İlçe, Manavgat Nehri ile ikiye bölünmektedir.

Jeolojik olarak çeşitli özellikler barındıran Manavgat'ta Paleozoik kayaçlar, kristalize şist, kireçtaşları ve traverten oluşumları dikkat çekmektedir. Bu jeolojik yapı, bölgenin özgün doğal peyzajına katkı sunar (Sayan, 2000). Akdeniz iklimine sahip olan Manavgat'ta yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılıman ve yağışlı geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 18,1°C, yağış miktarı ise 1000 mm'yi aşar. Yağışların büyük kısmı kış aylarında görülmektedir (Antalya Valiliği, 2000a).

Bölgenin bitki örtüsü, maki, kızılçam ormanları ve zeytin ile narenciye bahçelerinden oluşur. Kıyı kesimlerinde narenciye, iç kesimlerde çam ormanları yaygınken, düz alanlarda tarım yapılmaktadır. Bu doğal ve iklimsel özellikler, Manavgat'ı yangın riski yüksek bir bölge haline getirmektedir (Görsel 1).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Çalışma alanı gösterimi

2.2. Kullanılan Uydu Görüntüleri

Sentinel-2A, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen Copernicus programının bir parçasıdır ve 23 Haziran 2015'te fırlatılmıştır. Sentinel-2A, tarım, ormancılık, su yönetimi ve afet izleme gibi çeşitli uygulamalar için kullanılan çok sayıda spektral bandı kapsayan bir uydu sistemidir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sentinel-2 uydu görüntüsünün bantları ve teknik özellikleri (Anonim,2020)

Bant Adı	Bant Numarası	Merkez Dalga Boyu(µm)	Konumsal Çözünürlük (m)
Kıyı,aerosol	Bant-1	0,443	60
Mavi	Bant-2	0,490	10
Yeşil	Bant-3	0,560	10
Kırmızı	Bant-4	0,665	10
Vejetasyon Kırmızı Kenar-1	Bant-5	0,705	20
Vejetasyon Kırmızı Kenar-2	Bant-6	0,740	20
Vejetasyon Kırmızı Kenar-3	Bant-7	0,783	20
Kızılötesi	Bant-8	0,842	10
Dar Kızılötesi	Bant-8A	0,865	20
Su Buharı	Bant-9	0,945	60
Saçak	Bant-10	1,375	60
Kısa Dalga Kızılötesi-1	Bant-11	1,610	20

Kısa Dalga Kızılötesi-2	Bant-12	2,190	20

2.3. Bitki Örtüsü Endeksleri

Dünya yüzeyinden yayılan ışıma akışının spektral bileşimi toprak, su ve bitki örtüsünün fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar (Bannari vd., 1995: 96). Uydular elektromanyetik dalgalar ile yeryüzüne gönderilen sinyallerin yanıtlarını alıcılar sayesinde kaydedip, bant bölgesinden bilgiler sunar (Esendal Bozkurt vd., 2018: 76). Literatür çalışmaları incelendiğinde yanan alanların hasar tespiti için kullanılan en yaygın endekslerden olan NDVI, NBR ve NDMI seçilmiştir ve endeksler üretilmiştir. Matematiksel formülleri eşitlik (1-3) deki gibidir:

$$NDVI=((NIR-RED)/(NIR+RED)) \quad (1)$$

$$NBR=((NIR-SWIR_2)/(NIR+SWIR_2)) \quad (2)$$

$$NDMI=((NIR-SWIR_1)/(NIR+SWIR_1)) \quad (3)$$

NIR (Yakın Kızılötesi Bant): Elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi bölgesindeki yansıma (genellikle 0.7-1.1 µm aralığında).

RED (Kırmızı Bant): Elektromanyetik spektrumun kırmızı bölgesindeki yansıma (genellikle 0.6-0.7 µm aralığında).

SWIR (Kısa Dalga Kızılötesi Bant): Elektromanyetik spektrumun kısa dalga kızılötesi bölgesindeki yansıma (genellikle 1.5-1.7 µm aralığında).

d-fark indeksleri Yangın öncesi ve sonrası indeks farkını hesaplamak için kullanılır. Örneğin NBR için fark indeks formülü eşitlik 4'de sunulmuştur.

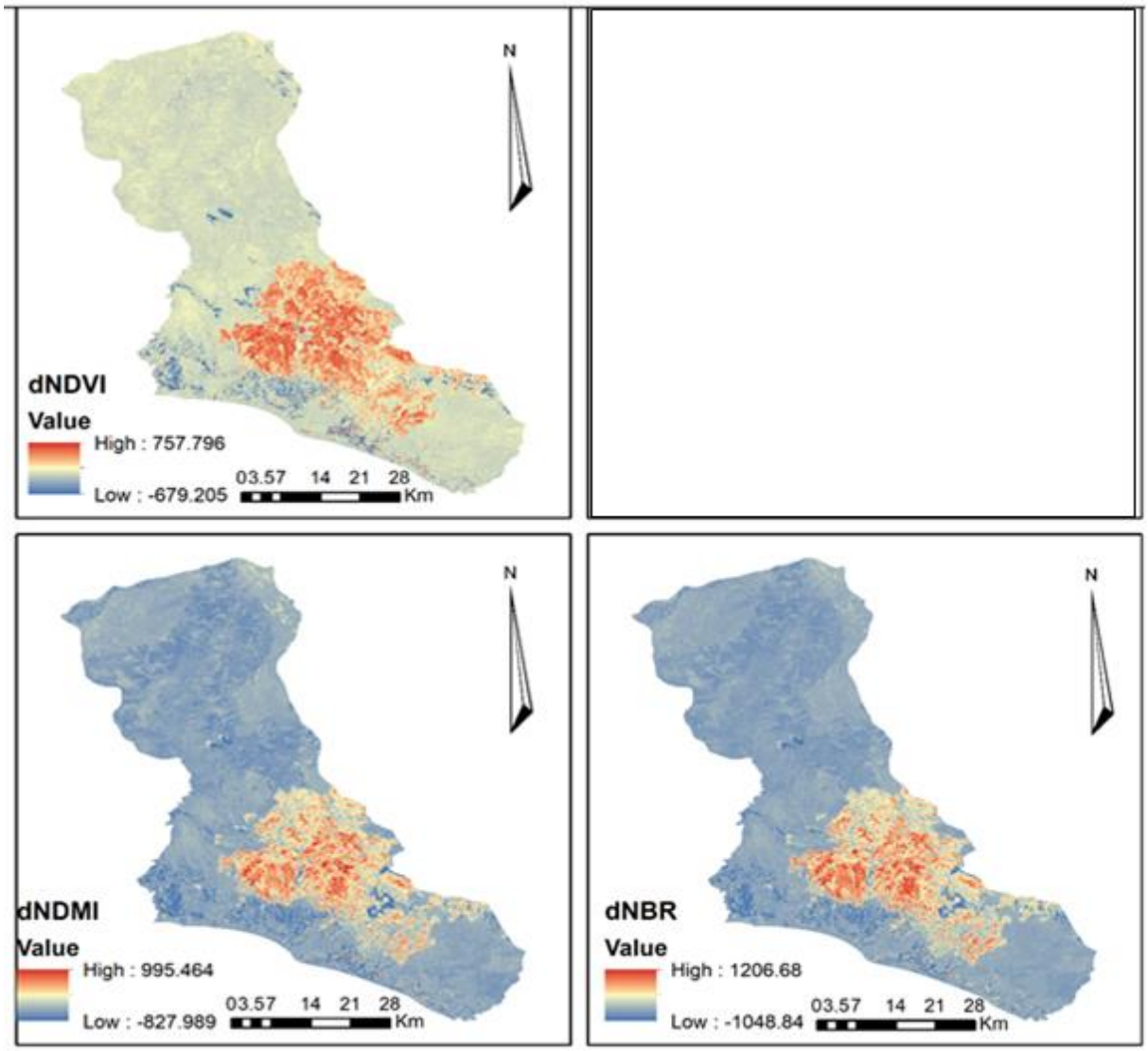
$$dNBR=NBR_{öncesi}-NBR_{sonrası} \quad (4)$$

3. BULGULAR

Bu tez kapsamında, Akdeniz Bölgesinde meydana gelen orman yangınlarından Antalya-Manavgat. yangınları ele alınmıştır. 28 Temmuz 2021 ile 28 Ağustos 2021 tarihleri arasında bu. bölgelerde etkili olan yangınların öncesi ve sonrası durumlarından farklı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

NBR, NDVI ve NDMI spektral indeksler kullanılarak yangın şiddetleri belirlenmiştir (Görsel 2).



Görsel 2. D-fark piksel endekslerinin Sınıflandırılmış Manavgat Orman Yangın şiddeti haritaları

Ayrıca, Manavgat Orman yangınlarında yangın. şiddetinin çok düşük ya da yüksek olduğu alanların tespitinde, GEE platformunda oluşturulan D-fark endeks görüntüleri kullanılmış ve bu görüntüler ArcGIS yazılımında rastgele seçilen 4000 test noktasındaki değerler temel alınarak belirli kategorilere. göre yeniden düzenlenmiştir. Bu işlem, reclassify yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Farklı spektral endekslere göre oluşturulan. D-fark haritaları yangın şiddeti kategorilerine göre sınıflandırılmış ve bu kategorilere düşen alanlar ile bunların toplam alana oranları hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Manavgat farklı spektral endekslere sınıflandırma alan sonuçları

MANAVGAT	dNBR
OBJECTID	AREA(ha)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Gelişmiş Yeniden Büyüme, Yüksek (Yangın Sonrası)	64.068
Gelişmiş Yeniden Büyüme, Düşük (Yangın Sonrası)	15.165
Yanmamış	233.138
Düşük Şiddet	14.033
Orta-Düşük Şiddet	12.120
Orta-Yüksek Şiddet	18.643
Yüksek Şiddet	28.346
TOPLAM YANMIŞ ALAN	**59.109**
TOPLAM ALAN	**327.852**

MANAVGAT	**dNDMI**	**dNDVI**
OBJECTID	**AREA(ha)**	**AREA(ha)**
Olağanüstü Nemli	3.450	3.967
Şiddetli Nemli	5.039	5.379
Orta Nemli	7.186	3.366
Hafif Nemli	142.139	79.590
Hafif Kurak	108.224	170.373
Orta Kurak	10.513	11.861
Şiddetli Kurak	8.873	7.669
Olağanüstü Kurak	42.427	45.648
TOPLAM YANMIŞ ALAN	**61.812**	**65.177**
TOPLAM ALAN	**327.852**	**327.852**

Manavgat bölgesinnde meydana gelen büyük orman yangınlarının ardından, bu yangınların etkilerini belirlemek ve yanmış alanların tespitinde kullanılan. çeşitli d-fark endekslerinin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla yapılan araştırmalar, önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Marmaris bölgesindeki. yangın sonrası yanmış alanların tespitinde kullanılan d-fark .endekslerinin doğruluğu, OGM, GWIS ve EFFIS tarafından sağlanan resmi verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3-4).

Çizelge 3. Manavgat resmi veriler, sınıflandırma alan sonuçları ve yüzdeleri

Veri Kaynağı	**Endeks Yanan Alan(ha)**	**Yüzdelik Oran (%)**
OGM Verileri	60.000	18.30
GWIS Verileri	55.000	16.78
EFFIS Verileri	54.769	16.71
dNBR	59.109	18.03
dNDVI	65.177	19.88
dNDMI	61.812	18.85

Çizelge 4. Manavgat Ortalama Sapma Sonuçları ve Yüzdeleri

Endeks	Ortalama Sapma (ha)	Ortalama Sapma (%)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

dNBR	2.327	17.02
dNDMI	3.118	22.81
dNDVI	4.191	30.66

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Manavgat bölgesindeki orman yangınlarına ilişkin resmi veriler ile uzaktan algılama yöntemlerine dayalı indeksler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, resmi veriler ile uzaktan algılama yöntemleri arasında genel bir uyum bulunmasına rağmen, uzaktan algılama yöntemlerinin yanan alanların tespitinde daha geniş ve etkili sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Manavgat için düzenlenen "Manavgat Ortalama Sapma Sonuçları ve Yüzdeleri" tablosuna göre, resmi OGM verileri 60.000 hektar yanan alan ve %18,30'luk bir oran tespit etmiştir. Bununla birlikte, uzaktan algılama yöntemlerinden dNDVI, 65.177 hektar (%19,88) ile en yüksek yanan alan tespitini sağlamış ve yangın sonrası alan analizinde en etkili yöntemlerden biri olarak öne çıkmıştır. dNDMI yöntemi 61.812 hektar (%18,85) ile ikinci en yüksek yanan alan tespitini yapmıştır. dNBR ise 59.109 hektar (%18,03) ile OGM verilerine oldukça yakın bir sonuç vermiştir. Buna karşın, GWIS (%16,78) ve EFFIS (%16,71) verileri, resmi verilerle karşılaştırıldığında daha düşük yanan alan tespit etmiştir. Manavgat verileri incelendiğinde, uzaktan algılama yöntemleri ile resmi veriler arasında genel bir uyum gözlemlenmiştir. Ancak dNDVI ve dNDMI gibi yöntemlerin daha geniş alan tespiti sağlaması, bu indekslerin orman yangınlarının izlenmesinde ve etkilerinin analiz edilmesinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Resmi veriler ise yangın sonrası saha çalışmalarına dayanmakta olup, uzaktan algılama yöntemlerinin sunduğu geniş alan kapsama avantajından yoksundur.

Sonuç olarak, resmi veriler ve uzaktan algılama yöntemleri bir arada kullanıldığında daha kapsamlı ve hassas yangın sonrası değerlendirmeler yapılabileceği açıktır. Bu bağlamda, dNDVI ve dNDMI gibi indekslerin yangın sonrası yönetimde daha etkin kullanımı, karar destek süreçlerine önemli katkılar sunacaktır. Gelecek çalışmalarda, bu yöntemlerin farklı bölgelerdeki doğruluklarının artırılması ve arazi çalışmalarıyla desteklenmesi önerilmektedir. Ayrıca, Google Earth Engine gibi platformlar, bu tür analizlerin gerçekleştirilmesinde sağladığı verimlilik ve erişilebilirlikle büyük avantajlar sunmaktadır. Kullanıcıların, farklı zaman dilimlerinde elde edilen uydu görüntülerini analiz etmesine

olanak tanıyarak, yangın sonrası durumun daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışmanın bulguları, yangın sonrası orman yönetimi için önemli bilgiler sunmakta ve bu teknolojilerin orman yangınlarıyla mücadelede stratejik değerini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

1. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. Remote Sensing and Image Interpretation. ***Wiley***, 2015.

2. Bozkurt, N. E., Zontul, M., & Aslan, Z. (2018). Uydu Verilerine Dayalı Olarak Bitki Örtüsü Analizi. *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 2(1), 75-82.

3. Gorelick, N., et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. ***Remote Sensing of Environment***, 202, 18-27, 2017.

4. Sayan, İ. Antalya'nın Jeolojik ve Jeomorfolojik Yapısı. İstanbul: ***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları***, 2000.

5. Antalya Valiliği. Antalya İli Çevre Durum Raporu. Antalya: ***Antalya Valiliği Yayınları***, 2000a.

6. Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, AR (1995). Bitki örtüsü endekslerinin bir incelemesi. Uzaktan Algılama İncelemeleri , 13 (1–2), 95–120. https://doi.org/10.1080/02757259509532298

7. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *The State of Food and Agriculture 2015 (SOFA): Social Protection and Agriculture: Breaking the Cycle of Rural Poverty*. Rome: FAO. ISBN 978-92-5-108861-6.

8. WWF-Türkiye ve NATURA Doğa ve Kültür Koruma Derneği. (2022). *Akdeniz Bölgesi'ndeki büyük orman yangınlarının ekolojik ve sosyo-ekonomik etkileri*.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

POSTMENOPOZAL OSTEOPOROZDA OKSİDATİF STRESİN ROLÜ VE ÖSTROJENİN KORUYUCU ETKİLERİ

THE ROLE OF OXİDATİVE STRESS İN POSTMENOPAUSAL OSTEOPOROSİS AND THE PROTECTİVE EFFECTS OF ESTROGEN

Dr. Öğr. Üyesi Suzan ONUR
Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karabük, Türkiye.
suzanonur@karabuk.edu.tr-ORCID NO: 0000-0001-8145-6090

Uzm. Ebe Hatice KINACI
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye.
haticeknnc97@gmail.com-ORCID NO: 0009-0007-0424-4992

ÖZET

Kemik, dinamik bir doku olup osteoporoz, özellikle postmenopozal osteoporoz, düşük kemik kütlesi ve mikromimari bozukluk nedeniyle artan kırılganlık ile karakterizedir. POP, menopoz sonrası östrojen seviyelerindeki düşüşe bağlı olarak kemik mineral yoğunluğunun azalmasıyla oluşan bir durumdur. Azalan östrojen seviyeleri, osteoklast aktivitesini artırarak kemik kaybına neden olurken, aynı zamanda oksidatif stres mekanizmalarını tetikleyerek postmenopozal osteoporozun patogenezinde önemli bir rol oynar.

Reaktif oksijen türlerinin artışı, hücre zarlarında lipid peroksidasyonu ve antioksidan savunma mekanizmalarında bozulmalara yol açarak postmenopozal osteoporoza katkıda bulunur. Reaktif oksijen türlerinin osteoklastogenezi uyardığı ve kemik kaybını hızlandırdığı bilinmektedir. Azalan antioksidan mekanizmalar oksidatif stresi artırırken, östrojenin reaktif oksijen türleri oluşumunu azaltıcı ve antioksidan enzimlerin ekspresyonunu düzenleyici etkileri olduğu gösterilmiştir. Oksidatif stresin postmenopozal osteoporoz üzerindeki etkileri, hem in vitro hem de hayvan çalışmalarıyla desteklenmiştir.

Lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malondialdehit, oksidatif stresin önemli bir belirteci olarak kabul edilirken, total antioksidan kapasite tüm antioksidanların kolektif etkisini yansıtır. Deneysel çalışmalar, östrojenin antioksidan etkilerinin peroksidatif süreçleri inhibe etme ve antioksidan enzim ekspresyonunu düzenleme yoluyla oksidatif stresi baskıladığını göstermiştir. Overiektomi uygulanmış hayvan modellerinde, östrojen replasman tedavisinin oksidatif stresi azalttığı ve kemik sağlığını koruduğu kanıtlanmıştır. Epidemiyolojik veriler, oksidatif stres belirteçleri ile azalmış kemik mineral yoğunluğu ve artan kırık riski arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle ürik asit gibi antioksidanların oksidatif stresi baskılayarak kemik sağlığını koruduğu gösterilmiştir.

Sonuç olarak, postmenopozal osteoporoz ile oksidatif stres arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Östrojen, lipid peroksidasyonunu inhibe etme, antioksidan enzim ekspresyonunu artırma ve vücut yağ dağılımını modüle etme gibi etkileriyle koruyucu bir rol

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

oynamaktadır. Antioksidanlar, özellikle ürik asit, postmenopozal osteoporoz tedavisinde umut vadeden yeni hedefler sunmaktadır. Bu bulgular, postmenopozal osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde oksidatif stres yönetiminin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kemik Mineral Yoğunluğu, Oksidatif Stres, Östrojen, Postmenopozal Osteoporoz, Reaktif Oksijen Türleri

ABSTRACT

Bone is a dynamic tissue, and osteoporosis, particularly postmenopausal osteoporosis (POP), is characterized by low bone mass and microarchitectural deterioration, leading to increased fragility. POP arises due to the decline in estrogen levels following menopause, which results in decreased bone mineral density. Reduced estrogen levels increase osteoclast activity, causing bone loss, and simultaneously trigger oxidative stress (OS) mechanisms, playing a significant role in the pathogenesis of POP.

An increase in reactive oxygen species (ROS) contributes to POP by causing lipid peroxidation in cell membranes and impairing antioxidant defense mechanisms. ROS are known to stimulate osteoclastogenesis and accelerate bone loss. While diminished antioxidant mechanisms exacerbate OS, estrogen has been shown to reduce ROS formation and regulate the expression of antioxidant enzymes. The effects of OS on POP have been supported by both in vitro and animal studies.

Malondialdehyde (MDA), a product of lipid peroxidation, is recognized as a key marker of OS, while total antioxidant capacity (TAC) reflects the collective effects of all antioxidants. Experimental studies have demonstrated that estrogen exerts antioxidant effects by inhibiting peroxidative processes and regulating the expression of antioxidant enzymes. In ovariectomized animal models, estrogen replacement therapy has been proven to reduce OS and preserve bone health. Epidemiological data reveal a strong association between OS markers, decreased bone mineral density, and increased fracture risk. Antioxidants, particularly uric acid, have been shown to suppress OS and play a protective role in maintaining bone health.

In conclusion, a strong relationship exists between POP and OS. Estrogen plays a protective role by inhibiting lipid peroxidation, enhancing antioxidant enzyme expression, and modulating body fat distribution. Antioxidants, especially uric acid, present promising new targets for the treatment of POP. These findings underscore the importance of OS management in the prevention and treatment of POP.

Keywords: Bone Mineral Density, Oxidative Stress, Estrogen, Postmenopausal Osteoporosis, Reactive Oxygen Species.

INTRODUCTION

Bone is a dynamic tissue that performs numerous functions in the body, including mechanical and metabolic roles, composed of organic (30%) and inorganic (70%) components. The bone

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

shaping process is regulated through the balanced activities of various hormones and cytokines, along with the osteoblast, osteoclast, and osteocyte cell types that make up bone (1).

Osteoporosis (OP) is a degenerative and systemic skeletal disease characterized by an increase in fragility due to the deterioration of bone mass and the microarchitecture of bone structure, leading to higher mortality and morbidity rates with a high prevalence (2).

Postmenopausal osteoporosis (POP) is characterized by estrogen deficiency associated with menopause, resulting in increased osteoclastic activity and bone loss. Estrogens can block bone resorption by directly interacting with osteocytes and osteoclasts, as well as affecting T-cell activity and osteoblast formation and activity (1).

T and B lymphocytes also play a significant role in the complex network of biological interactions underlying estrogen control of bone homeostasis. In particular, T-cells have been recognized as major regulators of both the life cycle and metabolism of osteoclasts/osteoblasts (3). Additionally, estrogen deficiency has a direct impact on cytokine synthesis in T cells (4).

Among the risk factors for osteoporosis are major factors such as smoking, a family history of hip fractures, and being aged 65 or older, as well as steroids, hyperthyroidism, gastrointestinal disorders, diabetes mellitus, rheumatoid arthritis, chronic liver disease, celiac disease, multiple myeloma, and other hematological disorders (5). The mechanisms by which estrogen deficiency leads to postmenopausal osteoporosis (POP) are quite complex and multifaceted (3), with one of the most important being oxidative stress (6, 7).

Oxidative stress (OS) occurs due to the disruption of the finely tuned balance between antioxidants and free radical formation. OS induced by free radicals (FR) is believed to play a role in the pathogenesis of many diseases, including Parkinson's, Alzheimer's, Huntington's, amyotrophic lateral sclerosis, immune system disorders, diabetes, cancer, cardiovascular disorders, and others. Estrogen reduction associated with menopause is thought to act as a "trigger" for OS (8, 9).

Oxidative stress is defined as the balance between oxidant and antioxidant molecules and generally indicates a decrease in antioxidants and an increase in oxidative damage markers (10, 11). Studies have shown that reactive oxygen radicals, such as superoxide anions, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals, play a role in the pathogenesis of bone loss caused by osteoclast differentiation and bone resorption (12, 13). OS reflects a severe imbalance between free radical formation and antioxidant defense mechanisms, leading to tissue damage. Studies have demonstrated a relationship between Bone Mineral Density (BMD) and OS, and it has been accepted that OS plays a significant role in the development of osteoporosis (OP) (8).

Reactive oxygen radicals, such as superoxide anions, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals, as well as modifications induced by these species, can lead to cumulative damage to DNA, proteins, and lipids, even causing cell death. Factors such as inflammation, metabolic syndrome, and environmental factors like smoking and diet can accelerate (FR) production (14). Disruption of this redox homeostasis is considered the onset of OS, a condition that severely impacts cell integrity and biology, laying the groundwork for various diseases (15).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

The clearest example of the cytotoxicity of reactive oxygen species is the lipid peroxidation of cell membranes. Lipid peroxidation (LP), known for processes such as protein oxidation, loss or weakening of cell membrane structure, and the release of aldehyde products like malondialdehyde (MDA), is considered an indicator of OS in postmenopausal women. MDA is one of these degradation products and is a three-carbon dialdehyde. It is also known to be carcinogenic and mutagenic. Furthermore, lipid peroxidation can be demonstrated by measuring MDA levels (16).

Antioxidant mechanisms develop a defense system against free radicals, which have harmful effects on body tissues. Superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GSH-Px) are known as the most important in vivo defense systems against free radicals in cells. In addition, endogenous enzymatic and non-enzymatic antioxidant molecules, such as glutathione, thioredoxin, coenzyme Q, and uric acid, interact with reactive species to provide protective effects. Dietary antioxidants, such as vitamin E (α-tocopherol), vitamin C, β-carotene, and lycopene, are also significant in this context (17).

Since it is difficult to measure each individual antioxidant molecule in tissue and body fluids, total antioxidant status (TAS) is measured, which corresponds to the sum of all antioxidants in biological samples (6, 7).

In one study, a decrease in TAS levels, an increase in total peroxide levels, and a weak negative correlation between TAS and BMD were observed in the POP group (18). Sendur et al. (2009) found significantly higher MDA levels in the POP group compared to the non-osteoporotic group, but no difference in erythrocyte glutathione levels (19). A meta-analysis investigating OS in patients with OP evaluated 17 studies from a total of 704 that met specific criteria. Compared to healthy individuals, no significant changes were found in erythrocyte SOD, serum or plasma CAT, TAS, hydroperoxide, advanced protein oxidation products, and MDA levels in patients with POP. However, a decrease in SOD and GSH-Px levels in serum or plasma was reported (20).

In addition to being a hormone, estrogen is also known to act as an antioxidant, protecting bone tissue from oxidative reactions (21). Studies conducted with in vitro and experimental animal models have shown that a decrease in estrogen levels leads to the accumulation of Reactive Oxygen Species (ROS) in cells, suppression of the antioxidant defense system, and, consequently, the activation of osteoclasts and stimulation of bone resorption (22).

Experimental studies on animals with ovariectomy have provided substantial evidence supporting the antioxidant effects of 17 β-estradiol. Bilateral oophorectomy has been shown to induce a redox imbalance characterized by increased lipid peroxidation marker levels and a decrease in antioxidant enzyme activity (23). Estrogen replacement therapy has been proven to suppress OS in ovariectomized rats, demonstrating that the application of exogenous hormones can reverse the pro-oxidative process (24).

Despite the inconsistency of epidemiological data regarding the relationship between menopause and OS, the mechanisms through which estrogen provides tissue protection against

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

oxidative stress and the biochemical and cytological basis of the relationship between OS and osteoporosis have been demonstrated in some studies. The most common hypothesis in this regard is that estrogen directly inhibits peroxidative processes. In postmenopausal women, the infusion of intra-arterial estradiol (E2) has been shown to reduce oxidative damage to low-density lipoproteins, and these beneficial effects were reversed after discontinuation of the treatment (25). However, the physiological levels of E2 in women of reproductive age are well below the threshold at which estrogens exhibit direct antioxidant effects in vitro (26).

The second hypothesis is that estrogen regulates the expression of antioxidant enzymes. It has been definitively shown that estrogens modulate molecular signaling pathways involved in cellular redox homeostasis. E2 has been shown to stimulate the expression of SOD and GSH-Px and to sharply reduce the rate of ROS formation through interactions with mitochondrial receptors. Accordingly, estrogen deficiency in ovariectomized animals has been linked to an increased oxidative threat (27). Another hypothesis is that estrogen prevents the disruption of redox balance by suppressing pro-oxidant sources. The level of oxidative damage is closely related to the amount, type, and localization of body fat. E2 may indirectly prevent the disruption of redox balance by modulating and harmonizing regional fat distribution in the female body. In fact, estrogen receptor-alpha (E2-α) plays a very important role in both sexual dimorphism and the activity of adipocytes (28). The interaction between E2 and E2-α is known to maintain and support the typical gluteofemoral fat distribution, which is commonly associated with a healthy metabolic profile (29). In contrast, the decline in estrogen leads to the accumulation of visceral fat in the postmenopausal period, which triggers the onset of chronic low-grade inflammation. This, in turn, contributes to the development of metabolic diseases such as type 2 diabetes and cardiovascular diseases. The negative effects of inflammation are further exacerbated by a concomitant increase in ROS production. For example, exposure to inflammatory cytokines like IL-6 stimulates the production of reactive species by phagocytic cells such as macrophages and neutrophils. In turn, OS increases the release of pro-inflammatory mediators from immune-competent cells, thereby triggering a toxic feedback loop known as 'ox-inflammation' (30).

The effect of OS on the pathogenesis of postmenopausal osteoporosis has been demonstrated through experimental and epidemiological evidence from in vitro and animal studies (31, 32). These studies have shown that in a bone environment enriched with ROS, osteoclast precursor cells enhance their response to Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa B Ligand (RANKL) and induce osteoclastogenesis by triggering osteoclastogenic cytokines. It has also been shown that the stimulation of superoxide production increases both the number and activity of osteoclasts in vivo and in vitro (33).

Numerous studies have emphasized the inverse and positive relationships between oxidative damage, antioxidant status peripheral markers, and BMD at the femoral neck, total hip, or lumbar spine (34, 35). Elevated serum levels of OS markers have been correlated with increased bone resorption rates. One study provided further evidence supporting the role of OS in bone homeostasis irregularities. Serum levels of RANKL, OPG (Osteoprotegerin), and 8-hydroxy-2-deoxyguanosine, a commonly used marker of DNA oxidation, were measured in normal,

osteopenic, and osteoporotic postmenopausal women. A positive and independent relationship was found between the OS marker and the RANKL/OPG ratio in the osteopenic group (36).

In addition to the evidence linking oxidative stress to the pathogenesis of POP, some reports have also addressed its potential association with complications of such diseases. Specifically, a prospective study of 996 women followed for up to 23 years identified a plasmatic indicator of OS as a predictor for hip fractures (37).

Among several antioxidants that are thought to be related to osteoporosis, uric acid (UA) has shown the most consistent and convincing results. A retrospective study conducted on 615 Japanese women reported a positive and independent relationship between UA levels and lumbar spine BMD (38). A study involving 356 women before and after menopause also attempted to confirm the positive role of UA in bone turnover and showed an association between UA levels and longitudinal changes in BMD (39). The proposed protective role of UA in bone metabolism has been associated with higher bone mass, lower bone turnover, and a lower prevalence of vertebral fractures. In vitro studies have shown that UA dose-dependently inhibits osteoclastogenesis and reduces ROS production in osteoclast precursors (40).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Oxidative stress plays a significant role in the pathogenesis and complications of POP. The suppressive effects of estrogen on OS are thought to be potentially effective in preventing the development of POP. In the postmenopausal period, antioxidant therapies, estrogen replacement therapy, and lifestyle changes (e.g., balanced nutrition, smoking cessation) may be beneficial in controlling OS and maintaining bone health. Monitoring OS markers in clinical practice could be a valuable tool for predicting POP risk and developing individualized treatment strategies. Future research should include studies that comprehensively evaluate the effects of OS on POP.

REFERENCES

1. Hofbauer LC, Kühne CA, Viereck V. The OPG/RANKL/RANK system in metabolic bone diseases. J Musculoskelet Neuronal Interact 2004;4: 268-75.

2. Kanis JA. Osteoporosis and its consequences. In: Kanis JA, editor. Osteoporosis. BlackwelJ Science Ltd. London: 1997. p. 21.

3. Sies H. Oxidative stress: introductory remarks. In: Sies H, editör. Oxidative stress. Academic Press, London: 1985. p. 1-8.

4. Weitzmann MN, Pacifici R. Estrogen deficiency and bone loss: An inflammatory tale. J Clin Invest 2006;116: 1186-94.

5. Bijelic R, Milicevic S, Balaban J. Risk Factors for Osteoporosis in Postmenopausal Women. Med Arch. 2017;71(1):25-28.

6. Cervellati C, Bonaccorsi G, Cremonini E, Romani A, Fila E, Castaldini MC, et al. Oxidative stress and bone resorption interplay as a possible trigger for postmenopausal osteoporosis. Biomed Res Int 2014;2014:569563.

7. Sheweita SA, Khoshhal KI. Calcium metabolism and oxidative stress in bone fractures: role of antioxidants. Curr Drug Metab 2007;8:519-25.

8. Negre-Salvayre A, Coatrieux C, Ingueneau C, Salvayre R. Advanced lipid peroxidation end products in oxidative damage to proteins. Potential role in diseases and therapeutic prospects for the inhibitors. Br J Pharmacol. 2008;153(1):620.

9. Borrás C, Sastre J, García-Sala D, Lloret A, Pallardó FV, Viña J, et al. Mitochondria from females exhibit higher antioxidant gene expression and lower oxidative damage than males. Free Radic Biol Med. 2003;34: 546-52.

10. Sies H. Oxidative stress: introductory remarks. In: Sies H, editör. Oxidative stress. Academic Press, London: 1985. p. 1-8.

11. Polidori MC, Stahl W, Eichler O, Niestroj I, Sies H, et al. Profiles of antioxidants in human plasma. Free Radic Biol Med 2001;30:45662.

12. Lean JM, Davies JT, Fuller K, Jagger CJ, Kirstein B, Partington GA, et al. A crucial role for thiol antioxidants in estrogen-deficiency bone loss. J Clin Invest 2003;112:915-23.

13. Bai XC, Lu D, Liu AL, Zhang ZM, Li XM, Zou ZP, et al. Reactive oxygen species stimulates receptor activator of NF-kappaB ligand expression in osteoblasts. J Biol Chem 2005;280:17497-506.

14. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. Nature 2000;408:239-47.

15. Davies JMS, Cillard J, Friguet B, Cadenas E, Cadet J, Cayce R, et al. The Oxygen Paradox, the French Paradox, and agerelated diseases. Geroscience. 2017;39: 499-550.

16. Muthusami S, Ramachandran I, Muthusamy B, Vasudevan G, Prabhu V, Subramaniam V, et al. Ovariectomy induces oxidative stress and impairs bone antioxidant system in adult rats. Clin Chim Acta. 2005;360: 81–6.

17. Forman HJ, Davies KJA, Ursini F. How do nutritional antioxidants really work: Nucleophilic tone and parahormesis versus free radical scavenging in vivo. Free Radic Biol Med 2014;66: 24-35.

18. Yilmaz N, Eren E. Homocysteine oxidative stress and relation to bone mineral density in post-menopausal osteoporosis. Aging Clin Exp Res 2009;21:353-7.

19. Sendur OF, Turan Y, Tastaban E, Serter M. A Antioxidant status in patients with osteoporosis: a controlled study. Joint Bone Spine 2009;76:514-8.

20. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. Nature 2000;408:239-47.

21. Cervellati C, Romani A, Cremonini E, Bergamini CM, Fila E, Squerzanti M, et al. Higher urinary levels of 8-hydroxy-2'deoxyguanosine are associated with a worse RANKL/OPG ratio in postmenopausal women with osteopenia. Oxid Med Cell Longev. 2016;2016:6038798.

22. Lean JM, Davies JT, Fuller K, Jagger CJ, Kirstein B, Partington GA, et al. A crucial role for thiol antioxidants in estrogen-deficiency bone loss. J Clin Invest 2003;112:915-23.

23. Hodge JM, Collier FM, Pavlos NJ, Kirkland MA, Nicholson GC. M-csf potently augments rankl-induced resorption activation in mature human osteoclasts. PLoS One 2011;6:e21462.

24. Hao F, Gu Y, Tan X, Deng Y, Wu ZT, Xu MJ, et al. Estrogen replacement reduces oxidative stress in the rostral ventrolateral medulla of ovariectomized rats. Oxid Med Cell Longev 2016. 2016 2158971.

25. Sack MN, Rader DJ, Cannon RO 3rd. Oestrogen and inhibition of oxidation of low-density lipoproteins in postmenopausal women. Lancet. 1994;343: 269–70.

26. Cervellati C, Pansini FS, Bonaccorsi G, Bergamini CM, Patella A, Casali F, et al. 17β-estradiol levels and oxidative balance in a population of pre-, peri-, and post-menopausal women. Gynecol Endocrinol. 2011;27: 1028-32.

27. Borrás C, Sastre J, García-Sala D, Lloret A, Pallardó FV, Viña J, et al. Mitochondria from females exhibit higher antioxidant gene expression and lower oxidative damage than males. Free Radic Biol Med. 2003;34: 546-52.

28. Cervellati C, Pansini FS, Bonaccorsi G, Pascale G, Bagni B, Castaldini C, et al. Body mass index is a major determinant of abdominal fat accumulation in pre-, peri- and postmenopausal women. Gynecol Endocrinol. 2009;25: 413–7.

29. Pedersen SB, Kristensen K, Hermann PA, Katzenellenbogen JA, Richelsen B. Estrogen controls lipolysis by up-regulating alpha2A-adrenergic receptors directly in human adipose tissue through the estrogen receptor alpha. Implications for the female fat distribution. J Clin Endocrinol Metab. 2004;89: 1869-78.

30. Valacchi G, Pecorelli A, Cervellati C, Hayek J. 4-hydroxynonenal protein adducts: Key mediator in Rett syndrome oxinflammation. Free Radic Biol Med. 2017;111: 270–80.

31. Guralp O. Effects of vitamin E on bone remodeling in perimenopausal women: Mini review. Maturitas. 2014;79: 476–80.

32. Deng L, Ding Y, Peng Y, Wu Y, Fan J, Li W, et al. γ-Tocotrienol protects against ovariectomy-induced bone loss via mevalonate pathway as HMG-CoA reductase inhibitor. Bone. 2014;67: 200–7.

33. Garrett IR, Boyce BF, Oreffo RO, Bonewald L, Poser J, Mundy GR, et al. Oxygen-derived free radicals stimulate osteoclastic bone resorption in rodent bone in vitro and in vivo. J Clin Invest. 1990;85: 632–9.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

34. Cervellati C, Bonaccorsi G, Cremonini E, Bergamini CM, Patella A, Castaldini C, et al. Bone mass density selectively correlates with serum markers of oxidative damage in postmenopausal women. Clin Chem Lab Med. 2013;51: 333–8.

35. Altindag O, Erel O, Soran N, Celik H, Selek S. Total oxidative/ anti-oxidative status and relation to bone mineral density in osteoporosis. Rheumatol Int. 2008;28(4):317-321.

36. Cervellati C, Romani A, Cremonini E, Bergamini CM, Fila E, Squerzanti M, et al. Higher urinary levels of 8-hydroxy-2'deoxyguanosine are associated with a worse RANKL/OPG ratio in postmenopausal women with osteopenia. Oxid Med Cell Longev. 2016;2016:6038798.

37. Yang S, Feskanich D, Willett WC, Eliassen AH, Wu T. Association between global biomarkers of oxidative stress and hip fracture in postmenopausal women: A prospective study. J Bone Miner Res. 2014;29: 2577–83.

38. Ishii S, Miyao M, Mizuno Y, Tanaka-Ishikawa M, Akishita M, Ouchi Y, et al. Association between serum uric acid and lumbar spine bone mineral density in peri- and postmenopausal Japanese women. Osteoporos Int. 2014;25: 1099–105.

39. Makovey J, Macara M, Chen JS, Hayward CS, March L, Seibel MJ, et al. Serum uric acid plays a protective role for bone loss in peri- and postmenopausal women: A longitudinal study. Bone. 2013;52: 400–6.

40. Ahn SH, Lee SH, Kim BJ, Lim KH, Bae SJ, Kim EH, et al. Higher serum uric acid is associated with higher bone mass, lower bone turnover, and lower prevalence of vertebral fracture in healthy postmenopausal women. Osteoporos Int. 2013;24: 2961–70.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MERSİN ENDEMİĞİ *SIDERITIS BREVIDENS* P.H.DAVIS TAKSONUNUN BAZI YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Ali TOPAL
Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü
ORCID ID: 0000-0001-9692-2496
e-mail: topalagm@gmail.com

Doç. Dr. Seyran PALABAŞ UZUN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
ORCID ID: 0000-0001-7090-4804
e-mail: seyran@ksu.edu.tr

ÖZET

Türkiye, birçok aromatik bitkiden oluşan Lamiaceae familyasının gen merkezidir. Bu familyanın bir üyesi olan *Sideritis* L. cinsi Türkiye genelinde 40'ı endemik olmak üzere 53 taksonla (45 tür) temsil edilmektedir.

Bu çalışmada Mersin'e özgü ve CR (kritik) kategorisinde yer alan endemik *S. brevidens* taksonunun yetişme ortamı özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma ile türün yayılış yaptığı lokalitelerde tipik Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü görülmüştür. Türün ağırlıklı olarak Batı ve Güneyli bakılar tercih ettiği, düzlüklerde ve yamacın tüm konumlarında muhtelif eğimlerde, 665-1419 m yükseltiler arasında, orman (kızılçam, sedir, ardıç, meşe) açıklıklarında, makiliklerde, tarla ve yol kenarlarında, genellikle kireçtaşının hâkim olduğu taşlık kayalık habitatlarda yayılış gösterdiği tespit edilmiştir.

Türün yayılış lokalitelerinden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre toprakların genel olarak orta ve ağır bünyeli, alkali, kireçli, tuzsuz olduğu ve organik madde bakımından orta içerikli sınıfta yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Sideritis brevidens,* endemik, Mersin, yetişme ortamı özellikleri

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), insanların %60 kadarının genel sağlığının bitkilere dayalı olduğunu tahmin etmektedir (Walker, 2001). Günümüzde eczanelerde satılan ilaçların birçoğu bitkisel kaynaklı veya bitkisel kaynaklı bileşiklerin sentezlenmiş türevleridir. Sentetik olarak üretilen ilaçların istenmeyen yan etkileri nedeniyle doğal yollarla elde edilen alternatif tıp ilaçlarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Türkiye, Türkiye farklı iklim kuşaklarının kesişme noktasında yer alması ve üç floristik bölgenin kesişme noktasında bulunması sebebiyle barındırdığı bitki tür ve çeşitliliği açısından dünyanın zengin ülkelerinden birisidir. Yapılan son çalışmalara göre Türkiye'nin flora sayısı 11453 adet doğal taksona ulaşmıştır. Floranın yaklaşık 1/3'ü (%31,85) endemik olup takson

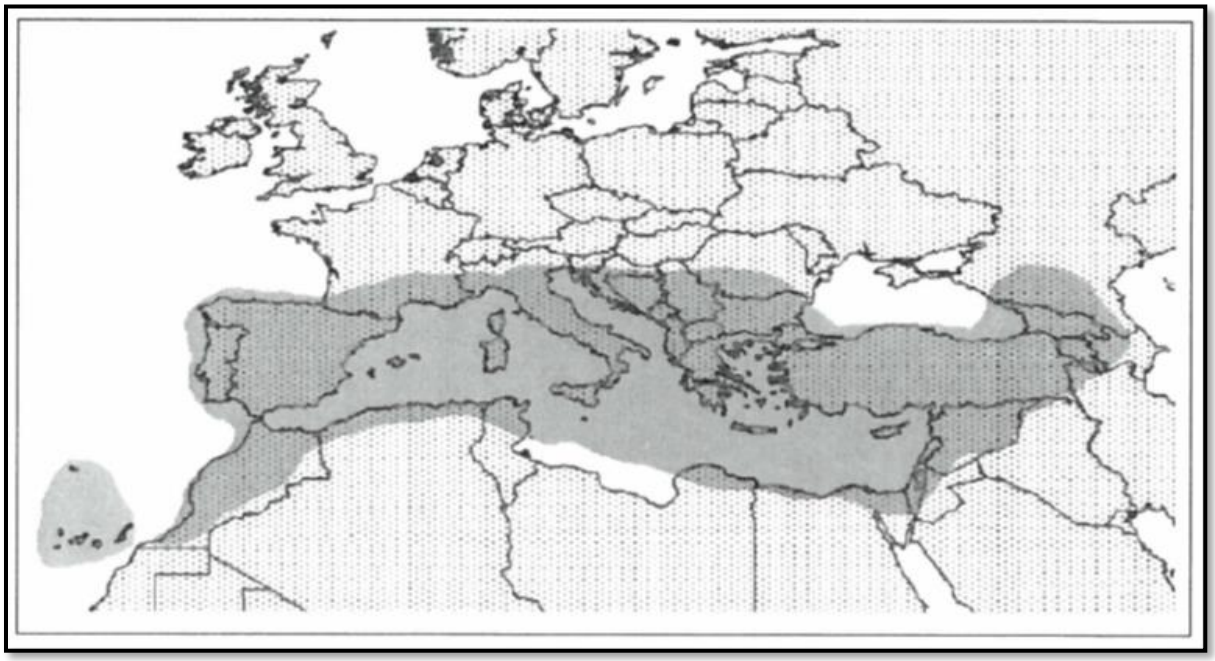
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

sayısı 3648 olduğu belirtilmektedir (Güner ve ark., 2012). Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinde yayılış gösteren 853 endemik bitki taksonunun ise 300 tanesi tehdit altındaki (CR, EN ve VU) kategorilerde bulunmaktadır (Uzun ve Palabaş Uzun, 2023).

Türkiye zengin florasına paralel olarak tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından da oldukça zengindir. Ülkemizdeki türlerin en az 1000 kadarından çeşitli şekillerde yararlanıldığı ve 400 kadarının ticaretinin yapıldığı tahmin edilmektedir. Bunların da yaklaşık %11'inin endemik olduğu bildirilmektedir (Arslan, 2014; Arslan ve ark., 2015).

Günümüzde özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin büyük bir kısmı doğadan toplanmaktadır. Bitkilerden devamlı olarak doğadan bilinçsizce faydalanılması doğal vejetasyonun bozulmasına, nadir ve endemik bitki türlerinin yok olmasına neden olmaktadır (Özhatay & Atay, 1997).

Türkiye, birçok aromatik bitkiden oluşan Lamiaceae familyası için bir gen merkezidir. Dağ çayı ve Adaçayı isimleri ile bilinen *Sideritis* cinsi bu familyanın önemli cinslerinden biridir. Bu cins dünyada özellikle Akdeniz havzasında yayılış göstermekle birlikte, Bahama Ada'larından Çin'e, Almanya'dan Fas'a kadar geniş bir alanda 150'den fazla türle temsil edilmektedir (Görsel 1) (Öke, 2006).



Görsel 1. *Sideritis* cinsinin dünya üzerindeki yayılışı (Öke, 2006).

Sideritis cinsi ülkemizde 53 takson ile temsil edilmekte olup bu sayının 40 adeti (%74) endemiktir (Güner ve ark., 2012). Türkiye *Sideritis* L. cinsinin 2 ana gen merkezinden biridir. Duman ve ark. (2005)'nın "Türkiye *Sideritis* L. Türlerinin Revizyonu" isimli çalışmalarına göre bu cinsin Mersin ilinde 13 taksonu yayılış göstermekte ve bunun 10 tanesi endemiktir.

Sideritis L. türleri halk arasında dağ çayı, yayla çayı, adaçayı, sarıkız çayı, kuyruk çayı gibi değişik yöresel adlarla bilinmektedir. Halk tıbbında bu cinse ait türlerin çaylarından hazırlanan infüzyonlar; idrar söktürücü, ağrı kesici, gaz giderici, yatıştırıcı, öksürük kesici, soğuk

algınlıkları ve mide hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda bazı *Sideritis* L. türlerinden elde edilen ekstrelerin; antistres, antiülser, analjezik, antioksidan, antibakteriyal, antienflamatuar, antikanser ve insektisidal etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Çarıkçı ve ark., 2012; Yumrutaş ve ark., 2023).

Diğer tıbbi ve aromatik bitkiler gibi *Sideritis* türleri de doğadan toplanarak hasat edilmektedir. Bu hasat genellikle planlanmadan bilinçsizce yapılmakta bunun sonucu olarak da doğal yayılış alanları zarar görmektedir.

Günümüzde özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin büyük bir kısmı doğadan toplanmaktadır. Bitkilerden devamlı olarak doğadan kontrolsüzce ve bilinçsizce faydalanılması doğal vejetasyonun bozulmasına, nadir ve endemik bitki türlerinin yok olmasına neden olmaktadır (Özhatay ve Atay, 1997). Doğal bitki popülasyonlarının tahribatının önlenmesi, toplamaların kontrollü ve bilinçli bir şekilde yapılması ve en önemlisi bu bitkilerin kültüre alınması ile mümkündür. Modern yetiştiricilikte, kültürü yapılacak bitki türü hakkında önceden yeteri kadar bilgi (bitki biyolojisi ve ekolojisi) sahibi olması büyük önem taşımaktadır (Ünal, 2003). Doğadan direkt toplamalar sonucunda her geçen yıl azalan popülasyonların doğal ortamlarında korunması ve endemik türlerin yetiştirilme olanaklarının ortaya koyulması için ekolojik isteklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır (Arslan ve Özek, 2017).

Bu çalışmada IUCN kriterlerine göre "Kritik (CR)" tehdit kategorisinde bulunan ve Mersin endemiği olan *Sideritis brevidens* P.H.Davis türünün bazı ekolojik özellikleri belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYEL VE METOD

Çalışmanın materyali *S. brevidens* türünün doğal yayılış alanları ile yoğun yayılış yaptığı lokasyonlardan toprak örneklerinden oluşmaktadır. Çalışılan türün yayılış alanları Duman ve ark. (2005)'nın "Türkiye *Sideritis* L. Türlerinin Revizyonu" isimli çalışmadan belirlenmiştir.

2.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı Mersin ilini kapsamakta olup arazi yapısı oldukça dağlık ve engebelidir. Bölgenin önemli bir kısmı Akdeniz'e paralel uzanan Toros Dağları ve yüksek platolarla kaplıdır.

Çalışma alanının iklimi Akdeniz ikliminin tipik özelliklerinin ve meteorolojik şartlarının tümüne sahiptir. Kıyı kesimlerde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı, iç kesimlerde ve yükseklerde yazlar serin ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçer. Çalışma alanında yüksek rakım ve iç kesimleri temsilen ise Gülnar meteorolojik istasyonunun verileri (1990-2021) elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Gülnar meteoroloji istasyonunun ortalama iklim verileri (1990-2021)

AYLAR	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Yıllık**
Ort. Sıcaklık (°C)	3,6	5,9	7,9	12,9	17,5	21,4	25,1	25,0	21,6	16,4	10,6	5,7	14,5
Ort. Yük. Sıc. (°C)	7,3	10,3	13,0	18,5	24,3	26,9	30,6	30,8	27,6	21,9	15,3	9,5	19,7

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ort. Düşük Sıc. (°C)	0,7	2,5	4,0	8,3	12,6	16,7	20,2	20,1	16,8	12,4	7,2	3,0	10,4
Aylık Top. Yağış (mm)	186	91	77	25	32	7	1	4	8	4	48	160	642,6
Aylık Ort. Nem (%)	78	74	68	58	60	54	43	46	51	55	62	74	60,2

2.2. Fizyografik faktörlerin belirlenmesi

Türün yayılış alanında bakı, yükselti, eğim ve yamaç konumu gibi fizyografik özellikler tespit edilerek koordinatlar kaydedilmiştir. Eğim sınıfları ve yamaç konumu ise Çizelge 2'ye göre belirlenmiştir.

Çizelge 2. Eğim ve yamaç konumu sınıfları

Yamaç konumu	**Yamacın tüm uzunluğunun %'si olarak yamacın üst kenarından (sırt çizgisinden) olan ort. uzaklık**		
Üst yamaç	%	12,5	(0 - 25)
Orta yamaç	%	62,5	25-75)
Alt yamaç	%	87,5	75-100)
Etek (Düzlük)	%	100	
Çepel (1983)			

Arazi Eğim tanıtımı	**Eğim (%)**
Düz/Düze yakın	0-2
Hafifeğimli	3-6
Orta eğimli	7-12
Dik eğimli	13-20
Çok dik eğimli	20-30
Sarp eğimli	30-45
Çok sarp eğimli	45+
Anonim (2008)	

2.3. Toprak özelliklerinin belirlenmesi

Türün yoğun yayılış yaptığı ve birbirine benzer ekolojik şartlarda olanlardan sadece bir örnek olmak üzere 30 cm derinlik kademesinden toprak örnekleri alınmıştır. Çalışmaya konu türlerin yayılış alanları genelde karstik alanlarda olması nedeniyle toprak örnekleri sadece 30 cm derinliğe kadar alınmıştır.

Toprak analizleri Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında yaptırılmıştır. Fiziksel toprak analizlerinden tekstür Bouyoucous hidrometre metodu (Gülçur, 1974), kimyasal analizlerinden toprak reaksiyonu (pH), organik madde miktarı (%), tuz miktarı (elektriksel iletkenlik: $ECx10^{-3}$ mhos/cm), kireç ($CaCO_3$), toplam azot (%), alınabilir fosfor (ppm), değiştirilebilir potasyum (ppm), kalsiyum (ppm), kalsiyum (ppm) ve magnezyum (ppm) analizleri yapılmıştır.

Toprak örneklerinde pH 1:5 oranında saf suda, elektriksel iletkenlik (EC) 1:5 oranında toprak su solüsyonunda, kireç Scheibler kalsimetresi, organik karbon ıslak yakma yöntemi (Gülçur, 1974), toplam azot Kjeldahl metodu (Jakson, 1962), alınabilir fosfor kireçli topraklarda Olsen yöntemi (Ülgen ve Ateşalp, 1972), değiştirilebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum amonyum asetat metodu (Jackson, 1962) tayin edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Fizyografik faktörlerine ait bulguları

Gülnar meteoroloji istasyonunun iklim verilerine göre; aylık ortalama sıcaklık değerleri 3,6-25,1 °C arasında, yıllık toplam yağış 642,6 mm ve aylık ortalama nem %43-78 arasında değişmektedir.

Arazi çalışmaları sonucunda türün Mersin ilinin Silifke, Gülnar, Bozyazı ve Anamur ilçelerinde toplam 41 lokalitede doğal yayılışı tespit edilmiştir (Görsel 2).

S. brevidens türünün bilinen yayılışları önceki çalışmalarda Silifke-Gülnar arası, Gülnar Aydıncık arası, Gülnar-Ermenek arası, Anamur-Abanoz arası, Gülnar-Mut arası ve Abanoz-Ermenek arası genel ifadelerle belirtilmiştir. Çalışmamızın arazi çalışmaları sonucu bilinen yayılışlarının dışında 17 yeni yayılışları tespit edilmiştir. Bu yeni yayılış lokaliteleri Bozyazı ilçesi ile ilçenin yayla mahalleleri arasındaki yol güzergâhlarında ve çevresinde (Ardıçyaylası-Kozağacı Yaylası-Derbent Yaylası-Dereköy) geniş yayılış alanları olarak tespit edilmiştir.

Önceki çalışmalarda türün en düşük Gülnar-Aydıncık arası 400-600 m yükseltilerde en yüksek ise Anamur-Kaşyaylasında 1200 m yükselti de yayılışı tespit edilmiştir (Duman ve ark., 2005). Çalışmamızda yapılan arazi çalışmalarında Gülnar-Aydıncık (Bozağaç köyü) arasında 720 m yükseltide yayılışı tespit edilebilmiş ancak 400-600 m yükseltilerde yayılışı tespit edilememiştir. Çalışmamızda türün en düşük yükseltideki yayılışı Gülnar Mollaömerli-Kavakoluğu köyleri arasında (665 m), en yüksek yükseltideki yayılışı olarak Anamur Kaşyaylası'nda 1419 m'de tespit edilmiştir.



Görsel 2. *S. brevidens*'in lokalitelerinin yayılış haritası

Türün ağırlıklı olarak Batı ve Güneyli bakılar olmak üzere farklı bakılarda, düzlüklerde ve yamacın tüm konumlarında muhtelif eğimlerde, 665-1419 m yükseltiler arasında, orman (kızılçam, sedir, ardıç, meşe) açıklıklarında, makiliklerde, tarla ve yol kenarlarında, yamaçlarda

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

kollüvyal topraklarda, genellikle kireçtaşının hâkim olduğu taşlık kayalık habitatlarda yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. *Sideritis brevidens* türünün lokalitelerinin fizyografik faktörleri

S No	İlçe-yayılış alanı- mevkii		Yükselti (m)	Bakı	Arazi yüzü şekli	Eğim	Habitat
1	Silifke	Çamlıca	925	KD	Düzlük	Düz	Kızılçam açıklığı
2	Silifke	Gökbelen Uşakpınarı arası	1074	D	Üst yamaç	Hafif	Makilik, taşlık kayalık
3	Silifke	Gökbelen	1025	Düz	Düzlük	Düz	Makilik, taşlık kayalık
4	Gülnar	Kayrak- Silifke arası	1066	Düz	Düzlük	Düz	Makilik
5	Gülnar	Kayrak köyü yol ayrımı	1212	Düz	Düzlük	Düz	Yol kenarı taşlık kayalık
6	Gülnar	Gülnar Kayrak köyü arası 1	1176	G	Üst yamaç	Dik	Yol kenarı taşlık kayalık
7	Gülnar	Gülnar Kayrak köyü arası 2	1196	Düz	Düzlük	Düz	Yol kenarı taşlık kayalık
8	Gülnar	Gülnar Kayrak köyü arası 3	1164	G	Düzlük	Dik	Yol kenarı taşlık kayalık
9	Gülnar	Gülnar Kayrak köyü arası 4	1100	G	Düzlük	Dik	Yol kenarı taşlık kayalık
10	Gülnar	Kayrak çıkışı 1	1152	G	Düzlük	Orta	Tarla kenarı açıklık
11	Gülnar	Kayrak çıkışı 2	1162	G	Düzlük	Orta	Tarla kenarı açıklık
12	Gülnar	Kayrak çıkışı 3	1190	G	Düzlük	Orta	Tarla kenarı açıklık
13	Gülnar	Mollaömeri Kavakoluğu arası 1	863	G	Üst yamaç	Hafif	Tarla kenarı
14	Gülnar	Mollaömeri Kavakoluğu arası 2	869	G	Üst yamaç	Orta	Tarla kenarı
15	Gülnar	Mollaömeri Kavakoluğu arası 3	793	G	Üst yamaç	Orta	Ağaçlandırma sahası
16	Gülnar	Kavakoluğu	665	GB	Orta yamaç	Çok dik	Kızılçam açıklığı
17	Gülnar	Gülnar-Mut arası (Zeyne)	917	KD	Üst yamaç	Çok dik	Kızılçam açıklığı
18	Gülnar	Gülnar-Mut arası (Gülnar'a 5 km)	1113	Düz	Düzlük	Düz	Yol kenarı, makilik
19	Gülnar	Gülnar-Aydıncık (Bozağaç köyü)	720	G	Üst yamaç	Hafif	Makilik açıklık
20	Gülnar	Köseçobanlı yolu	1227	Düz	Düzlük	Hafif	Makilik
21	Bozyazı *	Beykonağı	1154	G	Üst yamaç	Dik	Makilik, taşlık kayalık
22	Bozyazı *	Ardıç yayla yolu 1	1140	B	Üst yamaç	Orta	Kızılçam açıklığı
23	Bozyazı *	Ardıç yayla yolu 2	1160	B	Üst yamaç	Hafif	Kızılçam açıklığı
24	Bozyazı *	Ardıç yayla yolu 3	1140	D	Üst yamaç	Orta	Ağaçlandırma sahası

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

25	Bozyazı *	Ardıçyaylası girişi	1183	D	Üst yamaç	Sarp	Yol kenarı açıklık
26	Bozyazı *	Ardıçyaylası 1	1210	D	Üst yamaç	Sarp	Kızılçam açıklığı
27	Bozyazı *	Ardıçyaylası 2 (Bal Ormanı Civarı)	1220	D	Üst yamaç	Sarp	Kızılçam açıklığı
28	Bozyazı *	Ardıçyaylası 3	1310	D	Üst yamaç	Sarp	Kızılçam açıklığı
29	Bozyazı *	Ardıçyaylası Çamalan yaylası arası	1349	KB	Alt yamaç	Hafif	Makilik açıklık
30	Bozyazı *	Çamalan yaylası 1	1307	Düz	Alt yamaç	Düz	Makilik açıklık
31	Bozyazı *	Çamalan yaylası 2	1354	GD	Alt yamaç	Orta	Makilik açıklık
32	Bozyazı *	Çamalan yaylası 3	1290	GB	Düzlük	Orta	Makilik açıklık
33	Bozyazı *	Dereköy Devrent yaylası 1	1225	D	Düzlük	Düz	Tarla kenarı
34	Bozyazı *	Dereköy Devrent yaylası 2	1212	Düz	Düzlük	Düz	Tarla kenarı
35	Bozyazı *	Dereköy Yükselen mahallesi	1262	Düz	Düzlük	Düz	Makilik
36	Bozyazı *	Dereköy	1208	Düz	Düzlük	Düz	Makilik
37	Bozyazı	Kozağacı yaylası	1248	Düz	Düzlük	Düz	Sedir açıklığı
38	Anamur *	Pınarlar Maden	860	GB	Orta yamaç	Hafif	Makilik, açıklık
39	Anamur	Abanoz yolu Pınarlar	988	D	Orta yamaç	Çok dik	Makilik, açıklık, kızılçam açıklığı
40	Anamur	Abanoz yolu Kocadönme mevkii	1136	KB	Orta yamaç	Çok dik	Makilik, açıklık, kızılçam açıklığı
41	Anamur	Kaşyaylası	1419	D	Üst yamaç	Çok dik	Taşlık kayalık açıklık

**Yeni yayılış alanı*

3.2. Toprak özelliklerine ait bulgular

Sideritis brevidens'in doğal yayılış gösterdiği 41 lokaliteden ekolojik olarak birbirine yakın ve benzerlik gösterenlerden 1 adet olmak üzere farklı 5 lokaliteden toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. *S. brevidens* türünün lokalitelerinin toprak analiz sonuçları

Analiz		**Silifke Gökbelen**		**Gülnar Kayrak**		**Gülnar Kavakoluğu**	
		Değeri	**Değerlendirme**	**Değeri**	**Değerlendirme**	**Değeri**	**Değerlendirme**
Toprak türü	**Kum (%)**	21,57	Killi balçık	64,95	Kumlu balçık	51,33	Kumlu killi balçık
	Toz (%)	29,06		16,20		21,27	
	Kil (%)	49,37		18,85		27,40	
pH (1/5)		7,90	Orta alkali	8,51	Kuvvetli alkali	8,45	Kuvvetli alkali
Total Kireç (%)		25,97	Çok yüksek kireçli	89,60	Çok yüksek kireçli	65,73	Çok yüksek kireçli
Organik madde (%)		1,22	Orta	0,73	Orta	1,31	Orta

Tuzluluk EC10 25º C'de	0,25	Tuzsuz	0,12	Tuzsuz	0,20	Tuzsuz
N (%)	0,30	Yüksek	0,04	Çok düşük	0,05	Düşük
P ppm	258	Yüksek	24	Yüksek	16	Yüksek
K ppm	542	Yüksek	23	Çok düşük	93	Düşük
Ca ppm	9579	Yüksek	4427	Yüksek	5513	Yüksek
Mg ppm	348	Orta	115	Düşük	309	Orta

Analiz		**Bozyazı Ardıçyaylası**		**Anamur Kaşyaylası**	
		Değeri	**Değerlendirme**	**Değeri**	**Değerlendirme**
Toprak türü	**Kum (%)**	27,57	Killi balçık	27,36	Killi
	Toz (%)	31,27		25,25	
	Kil (%)	41,17		47,39	
pH (1/5)		7,77	Orta alkali	7,98	Orta alkali
Total Kireç (%)		17,13	Yüksek kireçli	25,10	Yüksek kireçli
Organik madde (%)		1,43	Orta	1,33	Orta
Tuzluluk EC10 25º C'de		0,29	Tuzsuz	0,18	Tuzsuz
N (%)		0,35	Çok yüksek	0,12	Orta
P ppm		77	Yüksek	11	Orta
K ppm		362	Yüksek	287	Orta
Ca ppm		9085	Yüksek	6295	Yüksek
Mg ppm		823	Yüksek	246	Orta

S. brevidens'in doğal yayılış gösterdiği Silifke, Bozyazı ve Anamur sahalarındaki toprakların bünyesi ağır tekstürlü (killi ve killi balçık), Gülnar'daki iki ayrı sahanın toprakları ise orta tekstürlüdür (kumlu balçık ve kumlu killi balçık). Toprak reaksiyonu (pH) değerleri bakımından Silifke, Bozyazı ve Anamur toprakları orta alkali, Gülnar toprakları ise kuvvetli alkalidir. Total kireç yönünden topraklar yüksek ve çok yüksek (%17,13-89,60) düzeydedir. Organik madde içerikleri yönünden tüm lokasyonların toprakları orta düzeyde (%0,73-1,43) ve toprakların tümünün tuzsuz (0,12-0,29 mS cm-1) karakterli olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2018; Ülgen ve Ateşalp, 1974).

Tüm popülasyonların yetiştiği topraklar alkali karakter taşıdığından, alkali toprakların fosfor (P) içeriği sınır değerine göre (Ülgen ve Ateşalp, 1972); toprakların P yönünden Anamur Kaşyaylası sahasında orta ve diğerlerinde ise yüksek değerlerde oldukları görülmüştür. FAO (1990) sınır değerlerine göre; toprakların azot (N) içeriği çok farklılık göstermiş olup Gülnar Kayrak'ta çok düşük (%0.04), Gülnar Kavakoluğu'nda düşük (%0,05), Anamur'da orta değerde (%0,12), Silifke Gökbelen'de yüksek (%0,30) ve Bozyazı Ardıçyaylası ise çok yüksek değerdedir (%0,35). Potasyum (K) içerikleri *S. brevidens*'in yayılış gösterdiği sahalardaki topraklarda farklılık göstermiştir. Gülnar-Kayrak sahasında K oranı çok düşük düzeyde (23

ppm), Gülnar-Kavakoluğu'nda düşük (93 ppm), Anamur'da orta (287 ppm) ve diğer sahaların topraklarında ise yüksek düzeyde (362-542 ppm) tespit edilmiştir. Kalsiyum (Ca) sınır değerlerine göre (FAO, 1990), tüm sahaların toprakları Ca yönünden oldukça yüksek (4427-9579 ppm) değerlerde bulunmuştur. Magnezyum (Mg) sınır değerlerine göre (FAO, 1990), Mg içeriği Gülnar Kayrak'ta düşük (115 ppm), Bozyazı Ardıçyaylası sahasında yüksek (823 ppm), diğer üç sahada (Silifke Gökbelen, Gülnar Kavakoluğu, Anamur Kaşyaylası) ise orta düzeyde (246-348 ppm) çıkmıştır.

4. SONUÇ

Biyolojik zenginliğimiz olan endemik bitkilerin yok olma riski daha yüksektir. Dolayısıyla bu bitkilerin daha iyi tanınarak yok olma tehdidine karşı koruma önlemlerinin alınması bu türlerin nesillerinin devamı için çok önemlidir. Yaşamımız için gerekli temel gıda maddelerinin kökenini doğadaki yabani türlerin oluşturduğu (Arpa, 2012) düşünüldüğünde bu bitkilerin korunmasının önemi daha da anlam kazanmaktadır. Herhangi bir tehdite maruz kalan tür ile ilgili etkin bir koruma stratejisi geliştirebilmek için tür hakkında yeterli bilgiye gereksinim vardır.

Bu çalışmada *Sideritis* cinsinin Mersin'e özgü endemik ve tehdit altında olan *S. brevidens* türünün ekolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma ile türün yayılış yaptığı lokalitelerde tipik Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü görülmüştür. Türün ağırlıklı olarak Batı ve Güneyli bakılar tercih ettiği, düzlüklerde ve yamacın tüm konumlarında muhtelif eğimlerde, 665-1419 m yükseltiler arasında, orman (kızılçam, sedir, ardıç, meşe) açıklıklarında, makiliklerde, tarla ve yol kenarlarında, genellikle kireçtaşının hâkim olduğu taşlık kayalık habitatlarda yayılış gösterdiği tespit edilmiştir.

Sideritis brevidens çok sayıda ve geniş lokalitelerde yayılış göstermektedir. Yapılan arazi çalışmalarında türün yayılışını olumsuz etkileyen faktörlerin; doğadan kontrolsüz ve bilinçsiz toplama, otlatma, yapılan yol çalışmaları (özellikle genişletme) olduğu gözlemlenmiştir. Orman teşkilatımızın yaptığı bazı ağaçlandırma çalışmaları olumsuz olarak görülse de bu sahaların özellikle de rehabilitasyon sahalarının korunması türün yayılışına ve dolayısıyla türün soyunun devamına olumlu katkı sunmaktadır.

Türün yayılış lokalitelerinden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre toprakların genel olarak orta ve ağır bünyeli, alkali, kireçli, tuzsuz olduğu ve organik madde bakımından e orta içerikli sınıfta yer aldığı belirlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma 20.2601/2019-2021 kodlu ‘‘Tehdit Altındaki Bazı Endemik Sideritis L. Türlerinin Popülasyon Yoğunlukları ve Bazı Yetişme Ortamı Özelliklerinin Belirlenmesi’’ adlı proje tarafından desteklenmiş ve ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Anonim, Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008.

2. Anonim, www.naturalresources.sa.gov.au/ …/ 140916-standart-test-a… Erişim tarihi 15.05.2018.

3. Arpa, N.Y., *Biyolojik Çeşitliliğin Korunmasında Korunan Alanların Rolü ve Önemi*, Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu Bildiri Kitabı s. 103-107, 2012.

4. Arslan, M., Özek, G., Kekik ve Dağ çayı adıyla toplanan üç aromatik Bitkinin (*Sideritis condensata* Boiss.& Heldr., *Sideritis pisidica* ve *Origanum minutiflorum* O.Schwarz &P. H. Davis) Uçucu Yağ Miktarı ile Yetişme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Eskişehir Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitü Müdürlüğü projesi, Proje no ESK-21(6316)2014-2016-2017 (Proje sonuç raporu), 2017.

5. Arslan, N., *Endemik Tıbbi Bitkilerimiz*, II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23–25 Eylül 2014, Bildiriler Kitabı, s: 9-21, Yalova, 2014.

6. Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., Gümüşçü, A., *Tıbbi Aromatik Bitkiler Üretiminde Değişimler ve Yeni Arayışlar*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1 s. 483-507, Ankara, 2015.

7. Çarıkçı S., Sağır Z. ve Kılıç T., *Türkiye İçin Endemik İki Sideritis Türünün Mineral İçerikleri*, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, Bildiri kitabı, s 81-87, Tokat, 2012.

8. Çepel, N., *Orman Ekolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi yayınları, İ. Ü. Yayın No: 3140, O. F. Yayın No: 337, İstanbul, 1983.

9. Duman, H., Kırımer, N., Ünal, F., Güvenç, A., Şahin, P., Türkiye *Sideritis* L. Türlerinin Revizyonu. Proje No: TBAG–1853 (199T090), Ankara, 2005.

10. FAO, *Micronutrient, Asseement at the Country Level: An International Study*, FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome, 1990.

11. Gülçur, F., *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1970, O.F. Yayın No: 201, Kurtulmuş Matbaası, 225 s., İstanbul, 1974.

12. Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., (edlr.), *Türkiye Bitkileri Listesi*, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği yayını, İstanbul, 2012.

13. Jakson M. L., *Soil Chemical Analysis*, Constable and Company Ld., 498 p., London, England, 1962.

14. Öke, F., Türkiye *Sideritis L. (Labiatae) Türlerinin Tohum Protein Analizleri*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Biyoloji Bölümü) Yüksek Lisans Tezi, 60 s., Ankara, 2006.

15. Özhatay, N., Atay S., *Kekik in Trade in Turkey*. Proceeding of the XI World Forestry Congress 13-22 October 1997 Vol 3: 234-237, Antalya., 1997.

16. Topal, A., *Mersin'e Özgü Endemik Sideritis L. Taksonlarının Popülasyon Yoğunlukları ile Doğal ve Kültür Formlarının Uçucu Yağ İçeriklerinin Belirlenmesi*, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Kahramanmaraş, 2024.

17. Uzun A., Palabaş Uzun, S., *Endemism in the Eastern Mediterranean Region, with an Threatened Plant Check List* (-in Academic Research and Reviews in Agriculture,

Forestry and Aquaculture Sciences) Publisher Platanus Publishing®, ISBN: 978-625-6517-38-7, Ankara, s. 299-336, 2023.

18. Ülgen, N., Ateşalp, M., Toprakta Bitki Tarafından Alınabilir Fosfor Tayini. Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi, Sayı 21, 17 s., Ankara, 1972.

19. Ünal, O., *Antalya İçin Endemik Olan Origanum L. (Lamiaceae) Türlerinin Bazı Biyolojik ve Ekolojik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Araştırmalar*, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 172 s, Antalya, 2003.

20. Yumrutas, O., Pehlivan, M., Yumrutas, P., *Sideritis* Species in Challenging Against Cancer: Cytotoxic, Antiproliferative and Apoptotic Roles on Different Cancer Cells, Eurasian J Bio Chem Sci, 6(2):114-126, 2023.

21. Walker, M., Biodiversity update, New Scientist, 170(2288) 24-26, 2001.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

MARMARA ADASI'NDA HİBRİT YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMİ TASARIMI, OPTİMİZASYONU ve DEPOLAMA STRATEJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Dr. Tuba TEZER

Balıkesir Üniversitesi/Balıkesir Meslek Yüksek Okulu,

tuba.tezer@balikesir.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-2097-5086

ÖZET

Dünyada fosil yakıtların tükenme eğilimi ve çevresel zararları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek artarken, Türkiye de bu kaynaklardan daha etkin bir şekilde faydalanma çabalarını hızlandırmıştır. Bu bağlamda bu çalışmada, Marmara Adası'ndaki tipik bir konutun enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla hibrit yenilenebilir enerji sisteminin (HRES) tasarımı yapılmıştır. Sistem tasarımında, enerji üretim kapasitesinin sürekliliğini sağlamak için hidrojen ve pil depolama çözümleri birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilecek şekilde bileşen parametreleri ayarlanmıştır. HOMER yazılımı kullanılarak yapılan simülasyon ve optimizasyon sonucunda, rüzgar türbinleri, fotovoltaik paneller (FV), yakıt hücresi, elektrolizör, hidrojen tankı ve pillerden oluşan sisteme ait çözümde, toplam net bugünkü maliyet (NPC) 232219 $, başlangıç sermaye maliyeti 178007 $ ve enerji üretim maliyeti (COE) 0.234 $/kWh olarak hesaplanmıştır. Yalnızca pil depolamalı sistem 0,196 $/kWh COE değeriyle en düşük maliyete sahip olurken %42,3 ile fazla enerji değerinin en yüksek olduğu çözüm olmuştur. Buna karşın, yalnızca hidrojen depolamalı sistem, 0,32 $/kWh ile en yüksek birim enerji maliyetine sahip olmasına rağmen, %0,4 karşılanmamış yük oranı ile en güvenilir çözüm olmuştur. Elde edilen sonuçlar, maliyet önceliğinde yalnızca pil depolamalı sistemin avantajlı olduğunu, ancak sistem güvenilirliği ve boşa giden enerji minimizasyonunun dengelenmesi açısından (%33,4 fazla enerji ve %0,85 karşılanmamış yük) hibrit depolamalı sistemin daha üstün bir performans sergilediğini göstermiştir. Bu çalışma, Marmara Adası'nda farklı depolama çözümleriyle enerji güvenilirliğini artırma ve enerji israfını önleme yoluyla yenilenebilir enerji potansiyelinin etkin kullanımına katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler : Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri, hibrit depolama, HRES optimizasyonu.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Günümüzde toplumların kalkınması ve sürdürülebilirliği için enerji hayati bir rol oynamaktadır. Ancak artan enerji talebi, geleneksel enerji kaynaklarının sınırlılığı ve bu kaynakların çevresel etkileri, daha temiz ve yenilenebilir çözümlere yönelme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Geleneksel enerji kaynaklarının sınırlı rezervlere sahip olması ve çevresel etkilerinin artması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi önemli ölçüde artırmıştır.

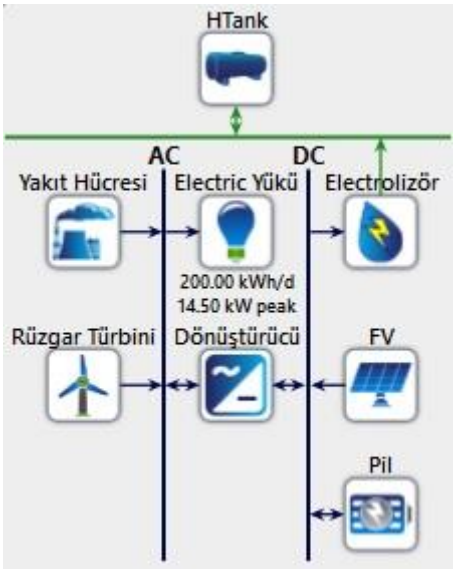
Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş, rüzgar, biyokütle ve diğer doğal kaynaklardan elde edilen enerjiyle sadece çevre dostu olmalarıyla değil, aynı zamanda uzun vadede ekonomik avantajlar sunmalarıyla da dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, bu kaynaklardan elde edilen enerjinin süreksizliği ve enerji depolama gereksinimleri, sadece tek bir enerji kaynağına bağımlı sistemlerin kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, hibrit enerji sistemleri, farklı yenilenebilir enerji kaynaklarını ve depolama teknolojilerini bir araya getirerek enerji üretiminde sürekliliği ve güvenilirliği artıran bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, güneş panelleri, rüzgar türbinleri, yakıt hücreleri, gibi farklı bileşenlerle hidrojen ve pil gibi depolama çözümlerini entegre ederek enerji arzını dengelerken optimum üretimi sağlarlar.

Türkiye'nin özellikle rüzgar ve güneş gibi zengin yenilenebilir potansiyeli son yıllarda bu kaynakların enerjiye dönüştürülmesi çabalarını önemli ölçüde artırmıştır. Mevcut yenilenebilir enerji potansiyelinin daha etkin kullanılmasına katkıda sağlamak amacıyla bu çalışmada, Balıkesir ili Marmara Adası'nda bir konutun elektrik ihtiyacını karşılayacak bir hibrit enerji sistemi tasarlanmıştır. Sistem, güneş enerjisi, rüzgar türbini, yakıt hücresi, elektrolizör, hidrojen tankı ve pili içermektedir. HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables) yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde, tüm bileşenlerin entegre edildiği sistem ile sadece hidrojen ya da pil yedeklemesi içeren üç farklı senaryo incelenmiş ve bu senaryolar için optimum sistem boyutları belirlenmiştir. Bu çalışma, Marmara Adası'ndaki yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi ve enerji sürdürülebilirliği için uygulanabilir hibrit çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

2. SİSTEM METODOLOJİSİ

Bu çalışmada, Marmara Adası'nda tipik bir konutun enerji ihtiyacını hibrit yenilenebilir enerji sistemiyle karşılamak amacıyla HOMER yazılımında simülasyon ve optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Sistemde, rüzgar türbinleri ve fotovoltaik paneller sabit ana enerji kaynakları olarak belirlenmiş, hidrojen yedekleme sistemi ve pil depolama seçenekleri ise ana bileşenlerle birlikte, her iki seçenek ya da yalnızca bir tanesi sisteme entegre edilebilecek şekilde parametreler oluşturulmuştur. Görsel 1' de hibrit sistem bileşenlerinin şematik görünümü sunulmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 1. Hibrit yenilenebilir enerji sistemi

2.1 Sistem Bileşenleri

Bu çalışmada kullanılan sistem bileşenleri, HOMERPro kütüphanesinden seçilmiştir. Her bir bileşenin tipi ve bileşenlerin teknik ve ekonomik verileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan bileşenlerin teknik ve ekonomik verileri

Bileşen	Tip	Kapasite	Sermaye Maliyeti	Yerine Koyma Maliyeti	İşletme ve Bakım Maliyeti	Ömür	Ref.
FV	Generic Flat Plate PV	1 kW	500 $	500 $	17 $/yıl	20 yıl	Güven ve Mete, 2022
Rüzgar Türbini	Generic	3 kW	14.000$	14.000$	160 $/yıl	20 yıl	Güven ve Mengi, 2023
Yakıt Hücresi	PEM	1 kW	2000 $	2000 $	0,03 $/yıl	40000 saat	Jahangir v.d., 2021- Güven ve Mete, 2022
Elektrolizör	Generic	1 kW	1500 $	1000 $	20 $/yıl	15 yıl	Tezer v.d., 2024
Hidrojen Tankı	Generic	1 kg	600 $	600 $	10 $/yıl	20 yıl	Jahangir v.d., 2021
Pil	Surrete 4 KS 25P	7,55 kWh	1259 $	1100 $	5 $/yıl	12 yıl	Jahangir v.d., 2021, Li v.d., 2018
Dönüştürücü	Generic	1 kW	300 $	300 $	3 $/yıl	12 yıl	Tehrani v.d. 2023

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. Konum verisi ve yük profili

Çalışmada kullanılan lokasyon, Marmara/Balıkesir bölgesinde yer alan bir adadır. Ada, Türkiye'nin batısında yer almakta olup, Marmara Denizi'nde konumlanmaktadır. Coğrafi koordinatları ise 40°37'4.1" kuzey ve 27°37'11.1" doğu olarak belirlenmiştir. Bölgenin konumu, güneş ve rüzgar enerjisi potansiyelini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Marmara Adası'na meteorolojik veriler, HOMERPro™ yazılımında yer alan "NASA Surface Meteorology and Solar Energy" veri tabanından elde edilmiştir. Görsel 2, çalışmanın yapıldığı konutun bulunduğu adanın konumunu harita üzerinde göstermektedir. Konuma ait yıllık rüzgar, güneş ışınımı ve sıcaklık verilerine ait grafikler ise sırasıyla Görsel 3, 4 ve 5'te verilmektedir.



Görsel 2. Marmara Adası konumu

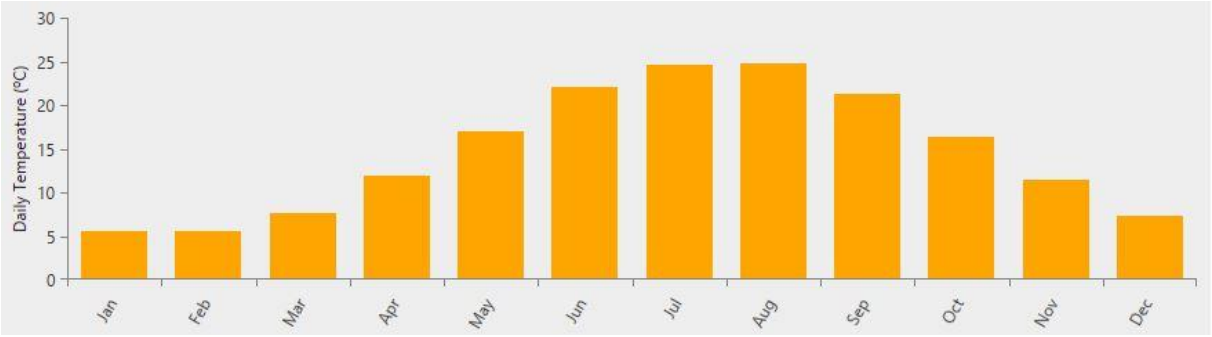


Görsel 3. Marmara Adası' na ait ortalama rüzgar hızı değerleri



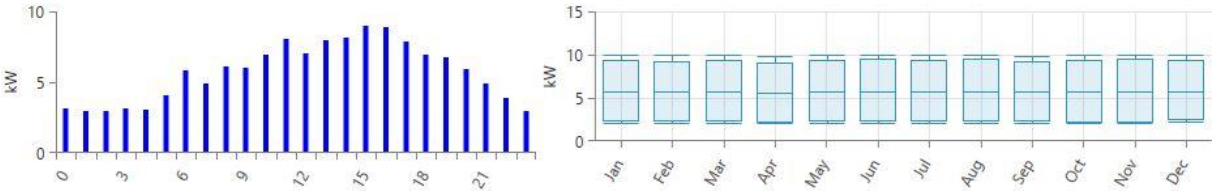
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 4. Marmara Adası' na ait radyasyon ve netlik indeksi değerleri



Görsel 5. Marmara Adası' na ait ortalama sıcaklık değerleri

Bu çalışmada, adada bulunan bir müstakil evin simülasyonunu gerçekleştirmek için, HOMER yazılımının tipik bir konut için oluşturduğu yük profili kullanılmıştır. Görsel 6, bu konuta ait günlük ve aylık yük profillerini göstermektedir. Yıl bazında günlük ortalama elektrik tüketimi 200 kWh/gün olup, en yüksek ay ortalaması 5,79 kW ile Ağustos, en düşük ay ortalaması ise 5,72 kW ile Aralık'tır.



(a) **(b)**

Görsel 6. (a) Ocak ayına ait günlük ortalama yük profili

(b) Aylık ortalama yük profili

4. Sistem Performans Parametreleri

4.1 Karşılanmamış yük oranı

Karşılanmamış yük oranı, yetersiz üretim nedeniyle karşılanamayan toplam yıllık elektrik yükünün, toplam yıllık elektrik talebine oranını ifade eder. Karşılanmamış yük oranı aşağıdaki denklem 1 ile hesaplanır (Homerenergy):

$$f_{unmet} = \frac{E_{unmet}}{E_{demand}} \quad (1)$$

Bu denklemde, E_{unmet} (kWh/yıl) sistemin toplam karşılanmamış yük değerini, E_{demand} (kWh/yıl) ise sistemin toplam yıllık elektrik talebini ifade etmektedir.

4.2 Fazla elektrik oranı

Fazla elektrik, bir yükü karşılamak, pilleri şarj etmek veya elektrolizöre hidrojen üretimi için iletmek amacıyla kullanılamayan ve bu nedenle boşa harcanması (veya kısıtlanması) gereken

artan elektrik enerjisidir. Fazla elektrik oranı ise, sistemin toplam fazla elektrik miktarının sistemin toplam elektrik üretimine oranını ifade eder. HOMER, her simülasyonun sonunda bu değeri aşağıdaki denklem 2 ile hesaplar (HOMERPro 3.15):

$$f_{excess} = \frac{E_{excess}}{E_{prod}} \quad (2)$$

E_{excess} (kWh/yıl) sistem tarafından üretilen toplam fazla elektrik değerini ve E_{prod} (kWh/yıl) ise sistemin toplam elektrik üretimi değerini ifade etmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada yenilenebilir enerji sisteminin ömrü 20 yıldır. Sistemin güvenilirliğini sağlamak için sistemde karşılanmamış yük sınırı maksimum %1 olarak belirlenmiştir. Bu sınır, enerji talebinin büyük ölçüde karşılanmasını sağlarken, ekonomik ve teknik dengeleri optimize etme gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Optimizasyon sonuçlarında bu sınırın etkisi daha net görülebilmektedir.

HOMERPro kullanılarak simülasyonu yapılan hibrit enerji sisteminin her üç depolama sistemine ait kategorize edilmiş optimizasyon sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu tabloda, sistem bileşenlerinin boyutlandırılması ve teknik performans göstergeleri, farklı senaryolar için karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Çizelge 2. Hibrit enerji sisteminin optimizasyon sonuçları

Çözüm No	PV (kW)	Rüzgar Türbini (Adet)	Yakıt Hücresi (kW)	Elektrolizör (kW)	HT (kg)	Pil (Adet)	Dönüştürücü (kW)	NPC ($)	COE ($)	Başlangıç ($)	Fazla Enerji (%)	Karşılanmamış Yük (%)
1	80	3	-	-	-	43	15	195594	0,197	141722	42,3	0,82
2	80	4	10	20	10	17	15,3	232219	0,234	178007	33,4	0,85
3	100	6	10	30	20	-	14,8	318149	0,320	215434	38,7	0,40

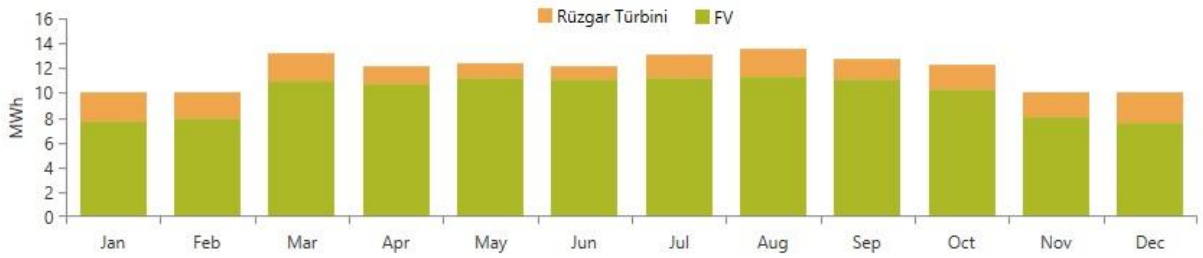
Bu sonuçlar, sistem tasarımında yenilenebilir kaynaklar, depolama seçenekleri ve ekonomik hedefler arasında bir denge kurulması gerektiğini göstermektedir. Buna göre hibrit depolama, hidrojen depolama ve pil depolama ile hibrit sistem çözümleri değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılmaktadır:

- Ekonomik odaklı bir yaklaşım için pil depolamalı bir sistem (Çözüm 1) tercih edilebilir.
- Enerji israfının minimum olduğu, güvenilirlik sınırları içinde daha dengeli bir enerji yönetimi için hibrit depolamalı sistem (Çözüm 2) daha uygundur.
- Daha düşük karşılanmamış yük dolayısıyla daha yüksek güvenilirlik hedefleniyorsa, daha büyük PV ve rüzgar türbini kapasitesine sahip hidrojen depolamalı sistem (Çözüm 3) öne çıkmaktadır.

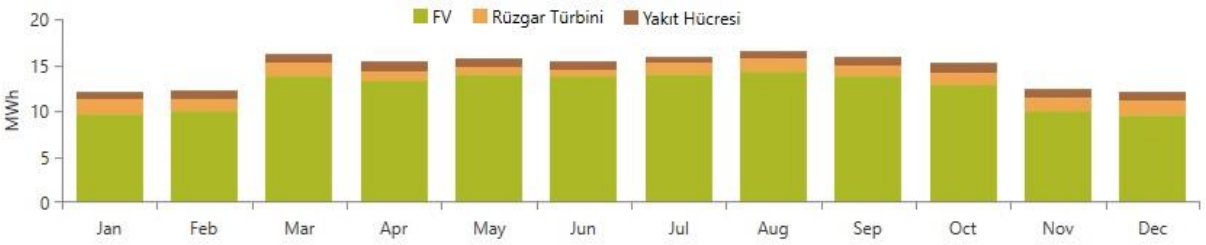
En düşük maliyetli çözüm (Çizelge Çözüm 1), fazla enerji yüzdesinin en düşük olduğu çözüm (Çizelge Çözüm 2) ve karşılanmamış yük değerinin en düşük olduğu çözümde (Çizelge Çözüm

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3) yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarının aylık elektrik üretimindeki payları sırasıyla, Görsel 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Görsel 7'de, pil depolamalı sistemde yaz aylarında FV' nin üretimi belirgin şekilde artarken, rüzgâr türbininin yıl boyunca sabit ve düşük bir katkı sağladığı görülmektedir. Görsel 8 ve 9 karşılaştırıldığında, yalnızca hidrojen depolamanın bulunduğu Görsel 9' da, yakıt hücresinin toplam üretimdeki payının, hibrit depolama sistemine sahip Görsel 8'e kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, hibrit depolama sisteminde eksik enerjiyi karşılamada pillerin de devreye girmesiyle yakıt hücresine düşen yükün azalmasından kaynaklanmaktadır.



Görsel 7. Pil depolamalı optimum çözüme ait aylık elektrik üretimi (Çözüm 1)



Görsel 8. Hibrit depolamalı optimum çözüme ait aylık elektrik üretimi (Çözüm 2)



Görsel 9. Hidrojen depolamalı optimum çözüme ait aylık elektrik üretimi (Çözüm 3)

5.1 Optimum çözüme ait simülasyon sonuçları

Çizelge 3'te, Çözüm 1'e ait optimum sistem bileşenlerinin teknik verileri sunulmuştur.

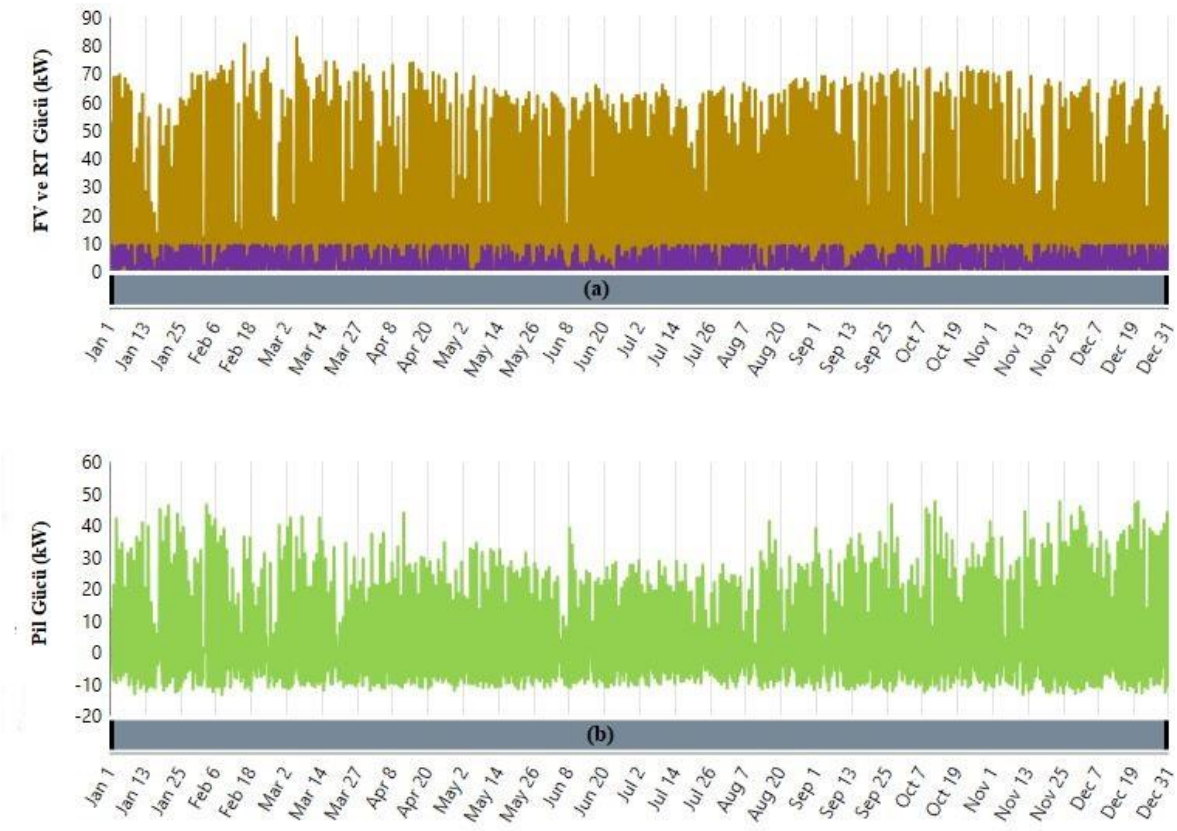
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 3. Optimum çözüme ait sistemin teknik ve ekonomik verileri (Çözüm 1)

Sistem Bileşenleri	Anma Gücü (kW)	Toplam Elektrik üretimi (kWh/yıl)	Ortalama çıkış gücü (kWh/gün)	Çalışma saatleri (saat/yıl)	Seviyelendirilmiş maliyet ($/kWh)	Elektrik Üretimindeki Payı (%)
PV	80	119.228	327	4.133	0,0359	84,3
Rüzgar Türbini	9 (3kW*3)	22.262		7.444	0,159	15,7
		Şarj (kWh/yıl)	**Deşarj (kWh/yıl)**		**Otonomi**	
Pil	324	32925	26466	-	23,4 saat	-
Dönüştürücü	15	53864	51171	8177	-	-

Görsel 10' da Çözüm 1'e ait yıllık güç akışı profili verilmiştir. Görsel 10. (a)' da FV ve rüzgar türbinlerinin yıllık güç üretim profili görülmektedir. FV' nin üretimi, güneşlenme sürelerinin artışıyla yaz aylarında belirgin bir şekilde yükselirken, rüzgar türbinlerinin katkısı yıl boyunca sabit ve düşük düzeyde kalmaktadır. Görsel 10 (b) ise pilin şarj (pozitif değerler) ve deşarj (negatif değerler) güç profillerini göstermektedir. Pil, güneş enerjisinin yüksek olduğu yaz aylarında fazla enerjiyi depolayarak, enerji talebinin arttığı veya yenilenebilir kaynakların yetersiz olduğu dönemlerde deşarj yaparak sistemin dengesini sağlamaktadır. Bu şarj ve deşarj profilleri, sistemin enerji arz-talep dengesinde pillerin kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 10. Çözüm 1'e ait FV, rüzgar türbini ve pilin yıllık güç akışı

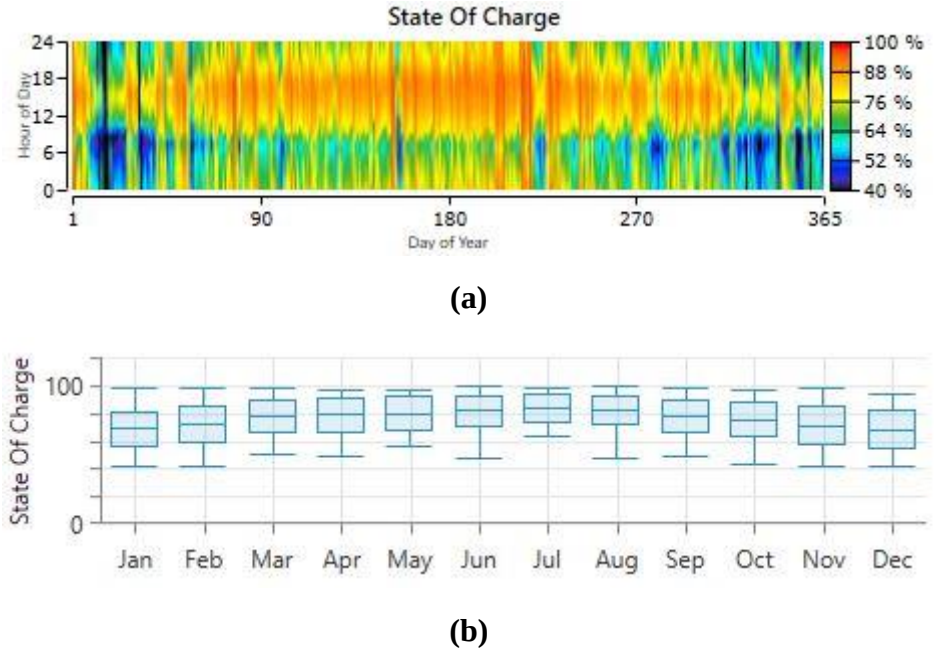
Görsel 11. (a)' da Çözüm 1 için pilin doluluk durumu (State of Charge (şarj seviyesi): SOC) değerlerinin yıl boyunca saatlik bazda ısı haritası (heatmap) ile Görsel 11. (b)' de ise aylık bazda kutu grafiği (boxplot) ile gösterilmektedir.

Görsel 11 (a) incelendiğinde, SOC değerinin genelde yüksek olduğu (kırmızı ile gösterilen %100'e yakın doluluk seviyeleri) gözlemlenmiştir. Ancak mavi ile gösterilen sabah erken saatlerde ve düşük güneş enerjisi üretimi dönemlerinde SOC seviyelerinde düşüşler meydana gelmektedir. Bu durum, özellikle geceleri yük talebinin yüksek olduğu ve yenilenebilir enerji üretiminin sınırlı kaldığı saatlerde pillerin şarj seviyesinin azaldığını göstermektedir.

Görsel 11. (b) grafik, her ay için SOC değerlerinin medyan değerini, alt ve üst çeyrek değerlerini (interquartile range) ve uç değerlerini sunmaktadır. Analiz sonucunda, SOC değerlerinin genellikle %80 ile %100 arasında yoğunlaştığı ve sistemin yıl boyunca pillerin doluluk seviyesini yüksek tutabildiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kış aylarında özellikle Ocak ve Şubat aylarında, SOC' ın daha düşük seviyelere indiği dikkat çekmektedir. Bu durum, güneş enerjisi üretiminin azaldığı dönemlerde enerji dengesinin korunmasıyla ilişkilidir.

Görsel de yer alan bu grafikler, sistemin enerji yönetim stratejisinin yıl boyunca pil doluluk seviyelerini ve dolayısıyla sistemin enerji arzını optimize edebildiğini ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 11. Sistemde yer alan 7,55 kWh 43 adet pilin şarj seviyeleri değimleri

(a) Yıl bazında saatlik şarj seviyesi değişimi **(b)** Aylık ortalama şarj seviyesi değişimi

6. SONUÇ

Bu çalışmada Marmara Adası' nda yer alan şebekeden uzak müstakil bir konutun enerji ihtiyacını karşılamak üzere FV paneller ve rüzgar türbinlerinin ana güç kaynaklarını oluşturduğu, pil ve hidrojen depolama seçenekleriyle HRES tasarımı ve optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. HOMERPro programında gerçekleştirilen optimizasyon sonuçları yalnızca pil, pil ve hidrojen (hibrit) ve yalnızca hidrojen depolama olarak kategorize edilip net bugünkü maliyet, COE, başlangıç maliyetleri ve sistem performansları ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Maliyet açısından optimum çözüm özellikle yatırım maliyetinin düşük olması nedeniyle 0,197 $/kWh COE değeri ile pil depolamalı çözüm olurken, onu sırasıyla 0,234 $/kWh ile hibrit depolamalı çözüm ve 0,320 $/kWh hidrojen depolamalı çözüm takip etmektedir.

Sistem performansı açısından, en düşük karşılanmamış yük değeri sistem güvenilirliğini göstermektedir. Bu değerlendirmeye göre, %0,4 karşılanmamış yük oranı ile hidrojen depolamalı çözüm en güvenilir sistem olarak öne çıkarken, onu %0,82 ve %0,85 karşılanmamış yük değerleriyle sırasıyla pil depolamalı çözüm ve hibrit depolamalı çözüm takip etmiştir. Sistemde enerji israfına neden olan fazla enerji oranı değerlerine bakıldığında, hibrit depolamalı çözüm %33,4 fazla enerji yüzdesi ile enerji israfının minimum olduğu çözüm olmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çalışmada, farklı enerji depolama çözümleri (pil, hibrit ve hidrojen) çeşitli maliyet ve güvenilirlik avantajlarına sahip olduğu bulunmuştur. Pil depolamalı çözüm, düşük maliyetle en uygun COE değerine sahipken, hidrojen depolamalı çözüm daha yüksek güvenilirlik sunmaktadır. Hibrit depolamalı çözüm ise düşük enerji israfıyla öne çıkarken, maliyet ve güvenilirlik açısından dengeli bir çözüm sunmaktadır. HOMERPro ile yapılan optimizasyon, şebekeden bağımsız enerji sistemlerinin tasarımında bir rehber olarak gelecekte daha verimli enerji sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, şebekeden uzak bölgelerde temiz ve sürdürülebilir enerji sağlama potansiyeline sahiptir. Gelecekte, enerji depolama teknolojilerinin ve yenilikçi sistemlerin entegrasyonu ile bu tür enerji sistemlerinin daha verimli ve sürdürülebilir hale gelmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Güven, A. F., & Mete, M. K. (2022). Balıkesir'in Erdek İlçesi için şebeke bağlantılı hibrit enerji sistemi fizibilite çalışması ve ekonomik analizi. *Mühendis ve Makina*, *63*(706), 138–158. https://doi.org/10.46399

Güven A.F., Mengi O.Ö. (2023). Assessing metaheuristic algorithms in determining dimensions of hybrid energy systems for isolated rural environments: Exploring renewable energy systems with hydrogen storage features. J. Clean. Prod., vol. 428 , Article 139339.

Jahangir M.H. , Javanshir F. , Kargarzadeh A. (2021). Economic analysis and optimal design of hydrogen/diesel backup system to improve energy hubs providing the demands of sport complexes. Int. J. Hydrog. Energy, vol. 46 (27), pp. 14109-14129.

https://homerenergy.com/products/pro/docs/3.15/excess_electricity_fraction.html

HOMER Pro 3.15. https://homerenergy.com/products/pro/docs/3.15/unmet_load_fraction.html

Li C., Zhou D., Zheng Y. (2018). Techno-economic comparative study of grid-connected PV power systems in five climate zones, China. Energy, vol 165, pp. 1352-1369.

Tehrani M.M. et al. (2023). Techno-economic investigation of a hybrid biomass renewable energy system to achieve the goals of SDG-17 in deprived areas of Iran Energy Conversion and Management, vol. 291, 117319.

Tezer, T., Akyuz, E., & Gul, M. (2024). Optimal and reliable design of stand-alone hybrid renewable energy systems: A multi-objective approach. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *46*(1), 10948–10963.

https://doi.org/10.1080/15567036.2024.2378482

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

FAALİYET RAPORLARINDA YÖNETİCİ DUYGU DURUMLARININ FİRMA PERFORMANSINA ETKİSİ: BİR DUYGU ANALİZİ YAKLAŞIMI

Aslı KILIÇ

Yıldız Teknik Üniversitesi

aslikilic998@gmail.com- 0000-0002-6621-965X

Prof. Dr. Banu DİRİ

Yıldız Teknik Üniversitesi,

diri@yildiz.edu.tr- 0000-0002-4052-0049

ÖZET

Faaliyet raporları, şirketlerin yıllık stratejilerini, finansal durumlarını ve geleceğe yönelik hedeflerini ortaya koyan kritik dokümanlardır. Aynı zamanda bu raporlar, yöneticilerin duygu ve tutumları hakkında önemli ipuçları barındırabilir. Gelişen teknoloji ve veri bilimi yöntemleri, metin madenciliği ve duygu analizi gibi alanlarda önemli ilerlemeler sağlamıştır. Literatür incelendiğinde bu konu üzerinde Türkçe çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu açığı gidermek için bu çalışma, duygu analizi modeli kullanarak faaliyet raporlarında yer alan yöneticilerin duygu durumlarının firma performansı üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Borsa İstanbul'da işlem gören ve sürdürülebilirlik endeksinde yer alan şirketlerin Türkçe yönetim kurulu mesajlarında sergilenen duygusal tonun firma performansı üzerindeki etkisini incelemektedir. İşlem adımlarında, metinlerin ön işlemesi, duygu analizi için uygun modellerin seçimi ve sonuçların firma performans metrikleri ile karşılaştırılmasının yanı sıra literatür incelemesi yapılmıştır. Çalışma, yöneticilerin faaliyet raporlarında kullandığı dilin, şirketin piyasa algısı ve performansı üzerindeki potansiyel etkisini ortaya koymaktadır.

Bu bildiri "Faaliyet Raporlarında Yönetici Duygularının Firma Performansına Etkisi" isimli bitirme tezinden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Duygu analizi, doğal dil işleme, firma performansı

1. GİRİŞ

Doğal dil işlemenin (NLP) kullanım alanlarının genişlemesiyle beraber finans alanında da NLP tekniklerinin kullanım ihtiyacı artmıştır. E-ticaret (Yang vd. 2020), müşteri hizmetleri (Feine vd. 2019), ürün değerlendirme (Fang ve Zhang, 2015) gibi farklı alanlarda kullanılan

duygu analizi yatırım ve firma performansı için de önemli bilgileri elde etmeye yarayan bir yöntemdir.

Firmaların yıllık yayınladıkları faaliyet raporları içinde finansal bilgiler, kurumsal başarılar, firmanın gelecekteki hedefleri ve geçen yıldan beri gerçekleştirdikleri adımları içinde barındıran firma hakkında bilgi taşıyan önemli belgelerdir. Sadece firma hakkında nesnel bilgileri değil, yöneticilerin fikir ve duyguları hakkında da bilgi içermektedir. Yönetimin paydaşlara, yatırımcılara ve hissedarlara firmanın faaliyetleri hakkında bilgi verdikleri, gelecek planlarını paylaştıkları bu raporlar yatırım yapmak isteyen yatırımcılara ışık tutabilir.

Günümüz iş dünyasına bakıldığında yöneticilerin duygu durumu ve tutumları sadece çalışanları değil, yatırımcıları ve firma performansını da etkilediği görüşü yaygınlaşmıştır. Yönetici duygusunun firma üzerinde etkisinin incelendiği çalışmalar bakıldığında Türkçe metinlerde yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Literatürdeki açığı gidermek için bu çalışma ortaya çıkarılmıştır. Analiz iki adımda gerçekleşmiştir. İlk adımda bir derin öğrenme modeli kullanılarak Borsa İstanbul'da listelenen sürdürülebilirlik endeksli firmaların yıllık faaliyet raporları üzerinde duygu analizi yapılmıştır. İkinci adımda analiz sonucunda elde edilen iyimserlik skorları ile regresyon analizi gerçekleştirilip duygu durumunun firma performansı ile ilişkisi incelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI VE HİPOTEZ GELİŞTİRME

2.1. Literatür Taraması

Finansal metinler üzerinde yapılan metin analizler çalışmalar uzun zamandır gerçekleştirilmektedir. Klein ve Prestbo (1974), piyasanın ve basında çıkan haberlerin arasında bağın var olduğunu savunan, karamsar tonu olan haberlerin piyasa üzerinde etkisi olduğunu gösteren bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Wang ve arkadaşları (2013), finans alanına özgü sözlük kullanarak finansal raporlarda duygu içeren kelimelerin finansal riskle bağlantısını incelemiştir. Regresyon ve sıralama tekniği kullandıkları çalışmada, firmaların ileride karşılaşabilecekler riskler ile finansal raporlarda kullanılan finansal duygu kelimelerinin arasında ileri düzeyde bağlantı bulunduğu sonucuna varmışlardır.

Jiang ve arkadaşları (2019), Loughran ve McDonald'ın (2011) çalışmalarında geliştirdikleri LM finans ve muhasebe sözlüğü ile kurumsal finansal açıklamaların tonuna dayanarak bir yönetici duygu endeksi oluşturdukları bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yönetici duygusunun, aylık verilerle gerçekleştirilen in-sample ve out-of-sample analizlerde sırasıyla %9,75 ve %8,38 R^2 değerleriyle, daha önce incelenen diğer makroekonomik değişkenlerden çok daha yüksek bir öngörü gücü sunduğunu belirtmişlerdir.

An, Liu, Tan ve Wu (2024), yönetici duygusunun firmanın satın alma kararları üzerindeki etkisi ile firmanın uzun vadeli performansı ile aralarındaki bağı araştırmıştır. Çalışmalarında 10-K ve 10-Q dosyalarındaki verileri aynı LM sözlüğü ile duygu analizi

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak yöneticinin duygu durumunun satın alma faaliyetinde güçlü ve pozitif yönde öngürü sağladığı görülmüştür.

Pengnate ve arkadaşları (2020), kriz döneminde hissedarlara yazılan mektupların duygusal tonunun şirketin gelecekteki performansı ile ilişkisini incelemiştir. Watson NLU modeli kullanılarak gerçekleştirilen duygu analizi sonucunda yönetimin kriz döneminde hissedarlara yazdığı mektupların duygu durumunun potansiyel olarak şirketin gelecek performansıyla ilişkili olabileceği görülmüştür.

Chen ve arkadaşları (2021), yönetici duygularının firmanın gelecekteki hisse senedi getirileri üzerindeki etkisini ölçmek için Çin'de listelenen firmalar üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. 2004 ve 2017 yılları arasındaki firma raporlarını inceleyen çalışmada firmanın kazançlarının tutarlılığı göze alınarak yöneticinin duyarlılığı sinyal ve gürültü olarak iki kategoriye ayrılmıştır. Çalışma sonucunda iyi sinyal duyarlılığının hisse senedi kazançları üzerinde pozitif etkisi olduğu, buna karşılık kötü sinyal ve gürültülü duyarlılığın hisse senedi kazançları üstünde negatif yönde etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Li, Zeng ve Liu (2023), turizm yöneticilerinin yeniden yapılandırma duyurularındaki duygu durumlarının firmanın kısa vadeli borsa performansına etkisini araştırmıştır. LM sözlüğü ve ek olarak HownNet duygu sözlüğü kullanılarak duyurularda duygu analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda yönetsel gizli duygu durumunun, turizm firması performansı üzerinde pozitif etkisi olduğu ve duygu durumunu iyimser, temkinli veya belirsiz olarak ayrırsak, performans üzerinde üç kategorinin güç ve zamanlamaya göre farklı etkileri olduğu bulunmuştur.

Dil yapısının getirdiği sorunları aşmak için birçok farklı dil modeli geliştirilmiştir. Bunlardan biri de son yıllarda birçok farklı duygu analizinde kullanılan BERT dil modelidir. . BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modeli metni hem sol hem de sağ taraflı olarak kontrol ederek çift yönlü şekilde önceden eğitmeye programlanmıştır (Devlin vd. 2018). Önceden eğitimli olması ve çift yönlü bağlam kontrolü yapması sebebiyle başarılı sonuç alınan model mimarisi, geliştirilerek farklı çalışmalarda kullanılmıştır.

BERT modeli birçok duygu analizi çalışmasında kullanılmıştır. Gomes de Sousa ve arkadaşları (2019), borsada yaşanan anlık değişlerin kararlara etkisini takip etmek için haber metinlerinin duygu analizinde ince ayar yaptıkları BERT modeli kullanılmıştır. Çalışmada BERT modelinin Naive Bayes (NB), Support Vector Machines (SVM) ve TextCNN modellerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Byun ve arkadaşları (2023), BERT modelini kullanarak 2009-2019 yılları arasında KOSDAQ ve Kore Borsası'nda gösterilen firmalarda yönetimin iyimserliğini ölçerek kurumsal yatırım ve firma performansıyla ilişkisi incelenmiştir. Sonuç olarak iyimserlikle nakit akışı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve performansla yatırım arasındaki ilişkiye bakıldığında daha iyimser tutum ve yatırımla daha yüksek performans elde edildiği görülmüştür.

Sahu ve arkadaşları (2024), çalışmasında BERT tabanlı FinBERT modelini kullanmıştır. Hindistan'da gerçekleştirilen çalışmada firmaların yönetim tartışmaları ve analiz (MDA) raporlarındaki yönetici duygusu hesaplanarak, bu duygunun firma performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda Yöneticilerin MDA raporlarında pozitif tutumlarının firma performansına olumlu ve anlamlı etkisi olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada orijinal BERT mimarisinin geniş Türkçe verilerle eğitildiği BERTurk modeli kullanılmıştır.

2.2. Hipotez Geliştirme

Haber bültenleri, firmaların raporları gibi metinlerdeki tonun yatırımcıları ve diğer paydaşların fikirlerini etkileyebilir (Henry, 2008; Davis ve Tama-Sweet, 2012). Literatüre bakıldığında, pozitif duygusal tonun firmaların finansal performans metriklerine olumlu etkisi olduğuna dair sonuçlar bulunabilir. Örneğin, Dutta ve diğerleri (2019), MDA raporlarında olumsuz duygunun azaldığı durumlarda kârlılık göstergesi olarak ROA'nın daha yüksek olduğu tespit etmiştir.

Üst kademe teorisi göz önüne alınırsa stratejik seçimler, performans düzeyleri gibi sonuçların yönetimsel özelliklere bakılarak tahmin edilebilir olduğu söylenilebilir (Hambrick ve Mason, 1984). Firma hakkında pozitif düşüncelere sahip yöneticinin daha kararlı adımlar atarak verimli çalışmalar gerçekleştirilebilir bu da firmanın hem varlık kârlılığı (ROA) hem de özkaynak kârlılığı (ROE) açısından kazançlar elde etmesini sağlayabilir.

Sonuç olarak, literatürdeki sonuçlar incelendiğinde, yöneticilerin olumlu duygusal ton içeren ifadelerinin ROA ve ROE gibi önemli performans göstergelerini iyileştirebileceğini görülmüştür. Tüm bunlardan yola çıkarak aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

H_1: Yöneticilerin pozitif duygu durumu gelecek yıldaki ROA'yı pozitif etkilemektedir.

H_2: Yöneticilerin pozitif duygu durumu gelecek yıldaki ROE'yi pozitif etkilemektedir.

3. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

3.1. Veri ve Örneklem

Bu araştırma, 2011-2021 yılları arasında Borsa İstanbul'da işlem gören ve sürdürülebilirlik endeksinde yer alan halka açık 55 firmayı kapsamaktadır. Bu firmalara ait finansal Çizelge verileri LSEG veri tabanından, yönetim kurulu veya başkanlarının mesajlarına ilişkin veriler ise ilgili şirketlerin kurumsal internet sitelerinde yayımlanan yıllık faaliyet raporlarından elde edilmiştir.

Verilerin güvenilirliğini ve sağlıklı biçimde analiz edilmesini sağlamak amacıyla, veri setindeki aykırı değerlerin etkisi yüzdelik dilimde 1,0'in altındaki ve 99,0'un üzerindeki değerlerin bu eşiklere indirilerek azaltılmıştır. Ayrıca her bir firmanın farklı yıllarda farklı gözlem sayısına sahip olması, panel veri setinin dengesiz bir yapıda olmasına yol açmıştır. Hem

panel veri setinin düzenlenmesi hem de analizlerin yürütülmesi süreçlerinde Stata 17 istatistiksel paket programından yararlanılmıştır.

3.2. Araştırmanın Değişkenleri

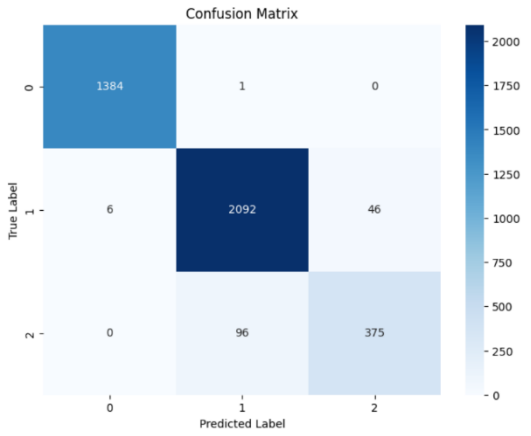
3.2.1. Bağımlı Değişken

Bu çalışmada, bağımlı değişken olarak firma performansını ölçen ROA (Return on Assets) ve ROE (Return on Equity) seçilmiştir. ROA, firmanın net karının toplam varlıklarına oranını ifade ederken, ROE, net karın özkaynaklara oranını temsil etmektedir. Literatürde ROA ve ROE, firma performansını ölçmek için yaygın olarak kullanılan finansal göstergelerdir (Felix Ayadi vd. 1996; Ghaffar ve Khan, 2014; Alabdullah vd. 2018; Azeez, 2015)

3.2.2. Bağımsız Değişken

Bağımsız değişken olarak yöneticinin iyimserlik duygu düzeyini ölçmek için kullanılan Yönetici Duygusu değişkeni tercih edilmiştir. Bu değişken, yönetim kurulu mesajlarındaki net pozitif cümle oranı ile hesaplanmıştır. Yönetici duygusu, firmanın performansını etkileyebilecek önemli bir unsur olarak literatürde yer almakta olup, metin analizine dayalı yöntemlerle ölçülmektedir (Loughran ve McDonald, 2011).

Çalışmada yönetici mesajlarının iyimserliğini ölçmek için BERT mimarisine sahip BERTurk modeli tercih edilmiştir. BERT modelleri ek bir çıktı katmanıyla kullanılacağı alanda daha iyi sonuçlar almak için ince ayarlanabilir (Devlin vd. 2018). Buna dayanarak model finans alanında daha iyi sonuç alabilmek için ince ayarlanmıştır. İnce ayar sonrasında modelin karışıklık matrisi Görsel 1'de gösterilmiştir. Modelin doğruluk puanı 0.989, kesinlik puanı 0.988 olarak hesaplanmıştır.



Görsel 1. İnce Ayar Sonrası Modelin Karışıklık Matrisi

3.2.3. Kontrol Değişkenleri

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çalışmada ayrıca kontrol değişkenleri olarak Firma Değeri (Tobin Q), Firma Büyüklüğü, Firma Varlık Yapısı (Maddilik), Firma Likiditesi, ve Firma Kaldıracı kullanılmıştır. TOBİN Q, yatırımcılar açısından bir firmanın yatırım değerini incelemek için tercih edilen bir değerdir (Peng vd. 2018). Genellikle kontrol değişkeni olarak alınan firma büyüklüğü toplam varlığın doğal logaritması alınarak hesaplanmıştır (Mehran, 1995). Maddilik, net maddi duran varlıkların toplam varlıklara oranı ile hesaplanır ve firmanın varlık yapısı hakkında bilgi verir (Özer vd. 2023). Firma likiditesi, firmanın kısa vadeli bir sürede sorumlu olduğu ödemeleri karşılamak için likit halde ödeme veya araç sağlama becerisini temsil eder (Abbas vd. 2021). Son olarak, firma kaldıracı, toplam yabancı kaynakların toplam varlıklara oranı olarak tanımlanmış ve firmanın borçluluk düzeyini ölçmektedir (Modigliani ve Miller, 1958). Bu değişkenlerin ölçüm yöntemlerine ilişkin detaylı bilgiler ise Çizelge-1'de sunulmuştur.

Çizelge 1: Değişkenlere İlişkin Bilgiler

Değişken İsmi	Kodu	Açıklama
Performans-1	ROA	Net Kar/Toplam Varlıklar
Performans-2	ROE	Net Kar/Özsermaye
Yönetici Duygusu	Yönetici Duygusu	Yönetim Kurulu Mesajının Net Pozitif Cümle Oranı
Firma Değeri	Tobin Q	(Toplam Varlıklar – Toplam Özkaynaklar + Şirket Piyasa Değeri) / Toplam Varlıklar
Firma Büyüklüğü	Büyüklük	Toplam Varlıkların Doğal Logaritması
Firma Varlık Yapısı	Maddilik	(Maddi Duran Varlıklar (Net))/(Toplam Varlıklar)
Firma Likiditesi	Likidite	(Dönen Varlıklar)/(Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar)
Firma Kaldıracı	Kaldıraç	(Toplam Yabancı Kaynaklar)/(Toplam Varlıklar)

Araştırma kapsamında incelenen temel değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler, "gözlem sayısı, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler" Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelge 2'ye göre, çalışmanın bağımlı değişkenleri olan firma performansını ölçen ROA ve ROE değişkenlerinin ortalama değerleri sırasıyla 0,072 ve 0,174 olarak hesaplanmıştır. Bağımsız değişken olarak ele alınan Yönetici Duygusu değişkeninin maksimum ve minimum değerleri 0,727 ile 0,660 arasında değişmekte olup, bu durum duygunun firmalar arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kontrol değişkenlerinden firma değeri (Tobin Q)'nin ortalamasının 1,521 olması, araştırmaya dahil edilen firmaların genellikle değer yaratma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, firma büyüklüğü değişkeninin ortalama değeri 23,087'dir. Kaldıraç oranının ortalaması ise 0,609 olarak bulunması, firmaların

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

yüksek borçluluk oranlarına sahip olduğunu işaret etmektedir. Bu bulgular, araştırmaya dahil edilen firmaların özelliklerini genel hatlarıyla yansıtmaktadır.

Çizelge 2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
ROA	319	0,072	0,067	-0,096	0,278
ROE	319	0,174	0,257	-1,338	0,696
Yönetici Duygusu	253	-0,144	0,285	-0,727	0,660
Firma Değeri	318	1,521	0,764	0,656	5,444
Firma Büyüklüğü	319	23,087	1,094	20,662	25,563
Maddilik	318	0,306	0,185	0,004	0,786
Kaldıraç	319	0,609	0,200	0,075	0,990
Firma Likiditesi	319	2,044	2,420	0,477	13,142

3.3. Korelasyon Analizi

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de değişkenler arasındaki korelasyonlara ilişkin analiz sonuçları sunulmaktadır. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun 0,70'in üzerinde olması, bu değişkenler arasında yüksek bir ilişki olduğunu ve çoklu bağlantı probleminin mevcut olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu değişkenlerden birinin analizden çıkarılmasını gerekli kılmaktadır.

Çizelge 3.1: ROA İçin Korelasyon Analizi

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) ROA	1						
(2) Yönetici Duygusu	0,022	1					
(3) Firma Değeri	0,352	-0,138	1				
(4) Firma Büyüklüğü	-0,031	-0,014	-0,366	1			
(5) Maddilik	-0,144	-0,054	-0,054	0,071	1		

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

(6) Kaldıraç	-0,415	-0,026	0,140	-0,124	-0,071	1	
(7) Firma Likiditesi	0,266	-0,037	-0,174	0,214	-0,066	-0,697	1

Çizelge 3.1 incelendiğinde, değişkenler arasında yüksek korelasyon veya çoklu bağlantı probleminin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bağımlı değişken olan ROA ile bağımsız değişken Yönetici Duygusu arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, kontrol değişkenlerinden firma değeri ve firma likiditesinin ROA ile pozitif bir ilişki sergilediği, buna karşılık firma büyüklüğü, maddilik ve kaldıraç değişkenlerinin ise ROA ile negatif yönlü bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.2: ROE İçin Korelasyon Analizi

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) ROE	1						
(2) Yönetici Duygusu	0,095	1					
(3) Firma Değeri	0,302	-0,138	1				
(4) Firma Büyüklüğü	-0,067	-0,014	-0,366	1			
(5) Maddilik	-0,109	-0,054	-0,054	0,071	1		
(6) Kaldıraç	-0,101	-0,026	0,140	-0,124	-0,071	1	
(7) Firma Likiditesi	0,042	-0,037	-0,174	0,214	-0,066	-0,697	1

Çizelge 3.2 incelendiğinde, değişkenler arasında yüksek korelasyon veya çoklu bağlantı probleminin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bağımlı değişken olan ROE ile bağımsız değişken Yönetici Duygusu arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, kontrol değişkenlerinden firma değeri ve firma likiditesinin ROE ile pozitif bir ilişki sergilediği, buna karşılık firma büyüklüğü, maddilik ve kaldıraç değişkenlerinin ise ROE ile negatif yönlü bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

3.4. Araştırmanın Modeli

Ekonometrik çalışmalarda genellikle üç tür veri kullanıldığı görülmektedir: zaman serisi, kesitsel ve panel veri (Tatoğlu, 2016). Panel verisi, aynı kategoriden alınan aynı değişkenin zaman içinde tekrarlanan ölçümleri ile elde edilen verilerdir (Berrington vd. 2006). Kesitsel ve zaman serisi verilerine göre panel veri, daha çok gözlem çeşitliliği ve daha yüksek

serbestlik derecesi sunduğu için, tahmin edilen parametrelerin sağlamlığını ve doğruluğunu artırmaktadır (Hsiao, 2007). Bu doğrultuda, birinci hipotezin testi için Model 1, ikinci hipotezin testi için ise Model 2 oluşturulmuştur. Ayrıca, zaman içinde değişen ancak firma düzeyindeki değişkenlerle doğrudan ölçülemeyen faktörlerin etkisini yakalamak amacıyla, analizde yıl sabit etkileri kullanılmıştır. Bu sayede, dışlanmış değişken yanlılığı sorunu önemli ölçüde engellenebilmektedir.

Model 1: Yönetici duygu durumunun firma performans ölçütlerinden biri olan ROA üzerindeki etkisini inceleyebilmek adına aşağıdaki Model 1 oluşturulmuştur.

$$ROA_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 YöneticiDuygusu_{i,t-1} + \beta_2 TobinQ_{i,t} + \beta_3 Büyüklük_{i,t} + \beta_4 Maddilik_{i,t} + \beta_5 Kaldıraç_{i,t} + \beta_6 Likidite_{i,t} + YılKuklaları_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Model 1: Yönetici duygu durumunun firma performans ölçütlerinden biri olan ROE üzerindeki etkisini inceleyebilmek adına aşağıdaki Model 1 oluşturulmuştur.

$$ROE_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 YöneticiDuygusu_{i,t-1} + \beta_2 TobinQ_{i,t} + \beta_3 Büyüklük_{i,t} + \beta_4 Maddilik_{i,t} + \beta_5 Kaldıraç_{i,t} + \beta_6 Likidite_{i,t} + YılKuklaları_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Panel veri analizlerinde hem kesit (firma, ülke vb.) hem de zaman boyutunun birlikte kullanılması, otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı gibi çeşitli problemleri beraberinde getirmektedir. Bu tür problemlerin varlığı, tahmin sonuçlarının güvenilirliğini büyük ölçüde zayıflatabilir. Bu nedenle, söz konusu yapısal sorunlarla başa çıkmak için Driscoll-Kraay dirençli standart hata tahmincisinden yararlanılması önerilmektedir (Hoechle, 2007).

Driscoll-Kraay yaklaşımı, standart hataları doğru bir biçimde tahmin ederek model parametrelerine ilişkin çıkarımların daha yüksek doğruluk ve etkinlikle yapılmasına olanak sağlar. Bu şekilde, elde edilen tahmin sonuçları hem daha güvenilir politika önerilerini destekler hem de analizin genel geçerliliğini güçlendirir. Ayrıca, Driscoll-Kraay dirençli standart hata tahmincisi, aynı anda değişen varyans, seri korelasyon ve yatay kesit bağımlılığı sorunlarına karşı dayanıklılık sağlamasıyla öne çıkar ve böylece yansızlığı artırarak parametre tahminlerindeki sapmaları minimize eder. Bu şekilde oluşturulan modeller daha sağlam ve tutarlı sonuçlara ulaşılmasında önemli bir katkı sunmaktadır.

4. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

Çizelge 4 Driscoll-Kraay dirençli standart hatalar sabit etkiler tahmincisi ile yapılan analiz sonuçlarını göstermektedir.

Modellerin istatistiksel uygunluğunu değerlendiren R^2 değerleri incelendiğinde, Model 1 için 0,33 ve Model 2 için 0,11 elde edilmiştir. Ayrıca, F istatistikleri her iki modelde de %1 düzeyinde anlamlı olup, Model 1'de 1771, Model 2'de ise 2520 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, her iki modelde de zamanın etkisini denetim altına almak amacıyla yıl sabit etkileri modele dahil edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Çizelge 4: Driscoll-Kray Dirençli Sabit Etkiler Analiz Sonuçları

	Firma Performansı	
Değişkenler	Model-1	Model-2
Yönetici duygusu	**0,014***	**0,096*****
	(2,03)	**(5,96)**
Firma Değeri (Tobin Q)	0,023**	0,071***
	(2,41)	(3,71)
Firma Büyüklüğü	-0,001	-0,058
	(-0,02)	(-0,66)
Maddilik	-0,094	-0,356
	(-1,15)	(-1,24)
Kaldıraç	-0,276***	-0,402***
	(-5,52)	(-3,74)
Firma Likiditesi	-0,012	-0,054
	(-1,67)	(-1,63)
Sabit	0,265	1,810
	(0,45)	(0,84)
Yıl Etkisi	Evet	Evet
Gözlem Sayısı	253	253
Şirket Sayısı	55	55
R-Kare Değeri	0.3301***	0.1130***
F - Değeri	1771***	2520***

t-istatistikleri parantez içindedir. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Çizelge 4'ün (1)'inci sütunu, firmaların faaliyet raporlarında yer alan yönetim kurulu veya başkan mesajlarında ifade edilen duygu durumunun, firmanın bir sonraki yıldaki

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

performansı (ROA ile ölçülen) üzerindeki etkisine ilişkin Model-1'in test sonuçlarını göstermektedir. Elde edilen bulgular, yönetici duygusunun ROA'yı β=0,014 ve $p<0,10$ düzeyinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum, **H1 hipotezinin** desteklendiğini göstermektedir.

Çizelge 4'ün (2)'inci sütununda ise yine yönetim kurulu veya başkan mesajlarındaki duygu durumunun, bu kez firmanın bir sonraki yıl performansı (ROE ile ölçülen) üzerindeki etkisini irdeleyen Model-2'nin sonuçları sunulmaktadır. Bulgular, yönetici duygusunun ROE'yi β=0,096 ve $p<0,01$ düzeyinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilediğini göstermekte olup, **H2 hipotezinin** desteklendiğini ifade etmektedir.

Her iki model de göstermektedir ki, firma üst yönetiminin veya yönetim kurulu başkanının faaliyet raporlarında kullandığı pozitif veya olumlu duygusal ifadeler, şirketin bir sonraki yıl performansının (hem ROA hem de ROE) iyileşmesine katkı sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, yöneticilerin kamuoyuna sunduğu mesajların duygusal tonu, yatırımcılar ve paydaşlar tarafından güven verici ya da olumlu bir gösterge olarak algılanabilmekte; bu da şirketin kârlılık ve verimlilik göstergelerine yansıyabilecek olumlu bir etki yaratmaktadır. Bu bulgular, literatürde yöneticilerin duygu durumlarının firma performansını etkileyebileceğini savunan yaklaşımları desteklemekte ve kurumsal iletişimin stratejik önemine işaret etmektedir.

5. SONUÇ

Bu bildiri "Faaliyet Raporlarında Yönetici Duygularının Firma Performansına Etkisi" isimli bitirme tezinden elde edilmiştir. Firmaların performansının, yıllık faaliyet raporlarında yer alan yönetici mesajlarıyla ilişkili olup olmadığı incelenmiştir. Yöneticilerin pozitif duygu durumu gelecek yıldaki ROA'yı pozitif etkilediği ve yöneticilerin pozitif duygu durumu gelecek yıldaki ROE'yi pozitif etkilediği şeklinde iki hipotez geliştirilmiştir. Borsa İstanbul'da listelenen sürdürülebilir endeksli ve halka açık 55 firmanın yıllık faaliyet raporları, firmaların resmi sitelerinden elde edilmiştir. LSEG veri tabanından 55 firma için finansal veriler çekilmiştir. Çalışma duygu analizi ve regresyon analizi olarak iki aşamada gerçekleştirilmiş.

Türkçe, etiketsiz finansal verilerin duygu analizi için BERTurk modeli tercih edilmiştir. İnce ayar yapılan BERTurk modeli, sahip olduğu BERT yapısı sayesinde cümlenin bağlamını anlamakta başarılı sonuçlar elde etmiştir. Cümle düzeyinde duygu analizi gerçekleştirilen faaliyet raporlarında yöneticilerin iyimserlik puanları elde edilmiştir.

İkinci aşamada finansal panel veriler ile duygu puanları arasında regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bağımlı değişkenler olarak firma performansı göstergesi olarak sıklıkla kullanılan ROA ve ROE değerleri tercih edilmiştir. Panel veri analizinde ortaya çıkabilecek sorunlardan kaçınmak için Driscoll Kraay yaklaşımı tercih edilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında, geliştirilen hipotezler doğrulanacak şekilde yönetici duygusunun ROA ve ROE'yi sırasıyla β=0,014 ve β=0,096; $p<0,10$ ve $p<0,01$ düzeyinde pozitif, ayrıca istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilediğini görülmüştür.

Bu çalışma Türkçe finansal duygu analizi literatüründe bulunan eksikliği gidermekle beraber faaliyet raporlarının yatırımcılar ve paydaşlar için anlamlı bilgiler içerdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca yöneticilerin duygu durumlarının sadece çalışanına değil firma performansına da etkisi olduğu yönündeki bulguları da güçlendirmiştir. Faaliyet raporlarının firmalar hakkında sahip olduğu bilgilerin karar mekanizmasında kullanımına uygunluğunun göz önüne alınabileceğine işaret etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Abbas, A. A., Hadi, A. A., Muhammad, A. A., *Measuring the Extent of Liquidity's Impact on the Financial Structure. International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding, 8*(6), 365-389, 2021.
2. Alabdullah, T. T. Y., Nor, M. I., Ahmed, E. R., Yahya, S., *The determination of firm performance in emerging nations: Do board size and firm size matter.* Management, 5(3), 57-66, 2018
3. An, S., Liu, Y., Tan, X., Wu, K., *Manager sentiment, deal characteristics, and takeover performance.* The British Accounting Review, 101374, 2024
4. Azeez, A. A., *Corporate governance and firm performance: evidence from Sri Lanka,* Journal of Finance and Bank Management, 3(1), 180-189, 2015.
5. Berrington, A., Smith, P., Sturgis, P., *An overview of methods for the analysis of panel data,* 2006
6. Byun, J., Choi, H. R., Lee, Y. J., *Do Managers Always Make Optimal Investment Decisions: Relationship between Managerial Optimism Measured by BERT and Investment Decision-making*, Korean Journal of Financial Studies, 52(6), 881-910, 2023
7. Chen, S., Liu, T., Peng, Q., Zhao, Y., *Manager Sentiment Bias and Stock Returns: Evidence from China,* Emerging Markets Finance and Trade, 58(3), 823–836. https://doi.org/10.1080/1540496X.2021.1918543, 2021.
8. Davis, A. K., Tama-Sweet, I., *Managers' use of language across alternative disclosure outlets: earnings press releases versus MDA,* Contemporary Accounting Research, 29(3), 804-837, 2012
9. Devlin, Jacob Chang, Ming-Wei Lee, Kenton Toutanova, Kristina., *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*, 10.48550/arXiv.1810.04805, 2018.
10. Dutta, S., Fuksa, M. and Macaulay, K., *Determinants of MDA sentiment in Canada*, International Review of Economics and Finance, Vol. 60, pp. 130-148, 2019.
11. Fang, X., Zhan, J., *Sentiment analysis using product review data,* Journal of Big data, 2, 1-14, 2015
12. Feine, J., Morana, S., Gnewuch, U., *Measuring service encounter satisfaction with customer service chatbots using sentiment analysis*, 2019.
13. Felix Ayadi, O., PhD, Dufrene, U. B., PhD, Pat Obi, C., PhD., *Firm performance measures: temporal roadblocks to innovation?,* Managerial finance, 22(8), 18-32, 1996.
14. Ghaffar, A., Khan, W. A., *Impact of research and development on firm performance,* International journal of accounting and financial reporting, 4(1), 357, 2014.
15. Hambrick, D. C., Mason, P. A., *Upper echelons: The organization as a reflection of its top managers,* Academy of management review, 9(2), 193-206, 1984.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

16. Henry, E., *Are investors influenced by how earnings press releases are written?,* The Journal of Business Communication (1973), 45(4), 363-407, 2008.
17. Hoechle, D., *Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence.* The stata journal, *7*(3), 281-312, 2007.
18. Hsiao, C., *Panel data analysis—advantages and challenges*. Test, *16*(1), 1-22, 2007.
19. Jiang, F., Lee, J., Martin, X., Zhou, G., *Manager sentiment and stock returns,* Journal of Financial Economics, 132(1), 126-149, 2019.
20. Klein, F., Prestbo, J.A., *News and the Markets,* Henry Regnery, Chicago, 1974.
21. Li, H., Zeng, M., Liu, Y. F., *Secret sentiments make for good announcements: Does unjustified managerial belief benefit tourism firm performance?,* Annals of Tourism Research, 103, 103673, 2023.
22. Loughran, T., McDonald, B., *When is a liability not a liability? Textual analysis, dictionaries, and 10-Ks,* The Journal of finance, *66*(1), 35-65, 2011.
23. Mehran, H., *Executive compensation structure, ownership, and firm performance,* Journal of financial economics, 38(2), 163-184, 1995.
24. Modigliani, F., Miller, M. H., *The cost of capital, corporation finance, and the theory of investment,* The American Economic Review, 48(3), 261–297, 1958.
25. Özer, G., Kocaman, M., Değirmenci, E. N., Çam, İ., *Borsa İstanbul'da İşlem Gören Finansal Olmayan Firmaların Ar-Ge Yatırımları Ve Firma Değeri Arasındaki Eğrisel İlişkinin Araştırılması: Yönetim Kurulu Yapısının Düzenleyici Rolü,* Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(2), 455-474, 2023.
26. Peng, C. L., Wei, A. P., Chen, M. L., Huang, W. T., *Synergy between RD and advertising on shareholder value: does firm size matter?*, Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne des Sciences de l'Administration, 35(1), 47-64, 2018.
27. Pengnate, S., Lehmberg, D. G., Tangpong, C., *Top management's communication in economic crisis and the firm's subsequent performance: sentiment analysis approach*, Corporate Communications: An International Journal, 25(2), 187-205, 2020.
28. Sahu, A. K., Debata, B., Dash, S. R., *Manager sentiment, policy uncertainty, ESG disclosure and firm performance: a large language model in corporate landscape,* International Journal of Accounting Information Management, *32*(5), 858-882, 2024.
29. Sousa, M. G., Sakiyama, K., de Souza Rodrigues, L., Moraes, P. H., Fernandes, E. R., Matsubara, E. T., *BERT for stock market sentiment analysis*. In 2019 IEEE 31st international conference on tools with artificial intelligence (ICTAI) (pp. 1597-1601). IEEE, November, 2019.
30. Tatoğlu, F. Y., *Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı,* Beta Yayınları, İstanbul, 2016
31. Yang, L., Li, Y., Wang, J., Sherratt, R. S., *Sentiment analysis for E-commerce product reviews in Chinese based on sentiment lexicon and deep learning,* IEEE access, 8, 23522-23530, 2020.
32. Wang, C. J., Tsai, M. F., Liu, T., Chang, C. T., *Financial sentiment analysis for risk prediction.* Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Natural Language Processing (pp. 802-808), October, 2013

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

YABANİ VE MODERN BUĞDAYLARIN BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLER YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Zir. Yük. Müh. Merve BARUT[1]
[1]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye.
[1]rzb-merve@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3770-156X

Prof. Dr. İsmet BAŞER[2], **Arş. Gör. Dr. Damla BALABAN GÖÇMEN**[3], **Prof. Dr. Oğuz BİLGİN**[4], **Prof. Dr. Alpay BALKAN**[5]
[2,3,4,5] Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.
[2]ibaser@nku.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5770-0118
[3]dgocmen@nku.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3980-3906
[4]obilgin@nku.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4338-9912
[5]abalkan@nku.edu.tr - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9203-6144

ÖZET

Çalışma, 2021-2022 yetiştirme yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, NKÜ Lider, Selimiye, Esperia, NKÜ Asiya, Rumeli ekmeklik buğday çeşitleri ile NKÜ Ziraat, Svevo, Ç 1252, Zenit ve Kızıltan 91 makarnalık buğday çeşitleri yanında Kavılca Beyaz, Kavılca Kırmızı, Dallı Buğday, Siyez Populasyon, Spelta Beyaz, Spelta Siyah, Kızıl Buğday, Zollernspelz ve Zollernperle yabani buğday genotipleri materyal olarak kullanılmış, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, başak ağırlığı, bitki ağırlığı özellikleri incelenmiştir. İncelenen özelliklerden bitki boyunun 82,00-128,67 cm, başak uzunluğunun 5,50-15,17 cm, başakta başakçık sayısının 16,33-42,00 adet, bitki ağırlığının 1,24-5,40 g, başak ağırlığının 0,73-3,72 g, başakta tane sayısının 15,67-68,67 adet ve başakta tane ağırlığının da 0,44-2,34 g arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen veriler ışığında yabani buğday genotiplerinin başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı bakımından modern buğday genotiplerine göre daha iyi bir genetik havuza sahip oldukları görülmekle birlikte yürütülecek ıslah çalışmaları için de önemli birer kaynak niteliği taşıdıkları sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yabani buğday, modern buğday, başak ağırlığı, başak uzunluğu.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Buğday (*Triticum aestivum* L.), dünyada en fazla üretimi yapılan ürünlerden biridir ve diğer tüm ürünlerden daha büyük bir alanda yetiştirilir (Milla ve Osborne, 2019). Buğday küresel olarak gıda kalorilerinin % 20'sini oluşturur (Erenstein ve ark., 2022). Günümüzde, Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artış göstermesi ve bu artışın düzenli olarak devam edecek olma öngörüsü, beraberinde buğday üretimin arttırılması, ekim alanlarının genişletilmesi ve verimliliğin arttırılmasını zorunlu kılmaktadır (Rosegrant, 1995). Yoğun ıslah çalışmaları, buğdayın genetik çeşitliliğini azaltarak, tarım alanlarında zararlılar, hastalıklar ve çevresel streslere karşı artan hassasiyetle sonuçlanmıştır. Bu nedenle, mevcut stres koşullarıyla başa çıkabilen ve yüksek verim ve kalite özelliklerine sahip yeni buğday çeşitleri geliştirmek için genetik kaynakları araştırmak ve bilimsel olarak değerlendirmek gerekmektedir.

Son yıllarda, bu genetik daralmanın yaşattığı endişeleri azaltmak için kavuzlu buğday türleri özellikle öne çıkmaktadır. Kavuzlu buğdaylar, farklı genom yapılarına sahip olmaları ve insanlar tarafından kültüre alınmaları sayesinde, modern buğday türleri ile yabani buğdaylar arasında bir tür genetik köprü oluşturan geçiş formlarıdır. Bu geçiş formları arasında özellikle siyez, gernik ve spelt buğdayları büyük öneme sahiptir. Bu buğday türleri, gelecekteki tarımın sürdürülebilirliğini artırmak, ürün dayanıklılığını güçlendirmek ve genetik çeşitliliği korumak için vazgeçilmez bir rol oynamaktadır (Akar ve Eser, 2016). Çok sayıda çalışma, yabani buğdayları kültür formlarıyla karşılaştırmış ve kültür formları ile ilişkili bir özellikler bulmuştur; bunlar arasında kırılgan olmayan rachis, daha büyük tohumlar ve yapraklar (Evans, 1993), gecikmiş çiçeklenme süresi (Cockram ve ark., 2007), dormansi süresi (Harlan ve ark., 1973), daha fazla yer üstü biyokütle (Roucou ve ark., 2018) ve daha hızlı büyüme (Gómez-Fernández ve ark., 2022) özelliği olarak belirlenmiştir.

Günümüzde küresel ısınma ve artan kuraklık tehlikesi, hastalıkların ve zararlıların artışı, ülkemizde buğday verimini uzun vadeli olarak olumsuz etkileyeceğinden, farklı stratejilerin geliştirilmesi gerektiği konusu öne çıkmaktadır. Bu çerçevede, yeni gen kaynaklarının hızla bulunması ve bu kaynakların buğday ıslah süreçlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Bu amaç için kullanılabilecek en elverişli genetik materyal, ülkemizde tescilli çeşitler, yerel populasyonlar ve yabani genlerdir. Bu genetik kaynakların, istenilen sonuçlara uygun şekilde hem fenotipik hem de genotipik açıdan ayrıntılı bir şekilde karakterize edilmesi gerekmektedir (Ezici, 2019).

Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleri, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine farklı düzeylerde tepki göstermektedirler. Yapılan birçok araştırma sonucu da yabani formların abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı daha dayanıklı olduklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, yabani genotiplerin tarımsal üretimde önemli bir potansiyele sahip olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmada farklı yabani buğdaylarla, ıslah edilmiş makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinin bazı morfolojik özellikler yönünden karşılaştırılarak elde edilen sonuçların

gelecekte yapılacak ıslah ve üretim çalışmaları için kaynak seçimine katkı yapması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada 5 ekmeklik ve 5 makarnalık buğday çeşidi yanında 9 yabani buğday genotipi olmak üzere toplam 19 genotip materyal olarak kullanılmıştır. Ekmeklik buğday çeşidi olarak NKÜ Lider, Selimiye, Esperia, NKÜ Asiya ve Rumeli, makarnalık buğday çeşidi olarak NKÜ Ziraat, Svevo, Ç 1252, Zenit ve Kızıltan 91, yabani buğday genotipi olarak ise Kavılca Beyaz, Kavılca Kırmızı, Dallı Buğday, Siyez Populasyon, Spelta Beyaz, Spelta Siyah, Kızıl Buğday, Zollernspelz ve Zollernperle genotipleri çalışmada yer almıştır.

Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak 2021-2022 yetiştirme yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanında yürütülmüştür. Her parsel sıra uzunluğu 5 metre ve sıra arası 20 cm olan 6 sıradan oluşturulmuştur. Ekim ile birlikte 20 kg/da 20.20.0, kardeşlenme döneminde 10 kg/da üre, sapa kalkma döneminde 10 kg/da üre ve başaklanmadan önce 15 kg/da % 26 nikratlı gübre uygulaması yapılmıştır. Yabancı otların kontrolü amacıyla kardeşlenme döneminde Mustang yabancı ot ilacı kullanılmıştır.

On dokuz genotipin bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, başak ağırlığı ve bitki ağırlığı özellikleri incelenmiş, elde edilen verilerin varyans analizleri JMP Pro 17 bilgisayar paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre yapılmıştır. Elde edilen ortalamalar arasındaki farklılıklar da DUNCAN önemlilik testi ile belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada incelenen özellikler bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İncelenen özelliklerden elde edilen ortalama değerlerde yapılan önemlilik testi sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakcık sayısı ve bitki ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Genotipler	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakta Başakcık Sayısı (adet)	Bitki Ağırlığı (g)
Kızıl Buğday	128,67 a	14,00 a	23,33 bc	5,11 ab
Spelta Siyah	126,33 a	14,70 a	21,33 b-e	4,40 a-e
Dallı Buğday	125,00 a	7,83 cde	42,00 a	5,11 ab
Zollernperle	112,67 b	14,30 a	23,67 b	4,28 a-f
Spelta Beyaz	109,33 bc	13,57 a	22,67 bcd	3,01 efg
Kavılca Kırmızı	105,33 bcd	5,50 f	20,00 c-f	2,13 gh
Kavılca Beyaz	102,33 cde	6,67 ef	18,67 fgh	2,18 gh
Zollernspelz	89,33 gh	14,30 a	22,33 bcd	3,92 a-f
Siyez Populasyon	85,00 hı	5,50 f	22,67 bcd	1,27 h

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ortalama	***109,33***	***10,71***	***24,07***	***3,49***
NKÜ Asiya	103,00 cde	10,50 b	21,00 b-e	4,50 a-d
Rumeli	103,000 cde	8,33 bcd	18,67 fgh	3,07 d-g
Selimiye	100,33 de	8,00 cde	18,33 fgh	2,88 fg
NKÜ Lider	97,33 ef	9,67 bc	16,33 h	3,77 b-f
Esperia	82,00 ı	8,83 bcd	20,33 b-f	3,20 c-g
Ortalama	***97,12***	***9,07***	***18,93***	***3,48***
Ç 1252	101,00 de	8,83 bcd	22,33 bcd	4,66 abc
Svevo	96,67 ef	5,83 f	17,67 gh	4,17 a-f
NKÜ Ziraat	96,00 ef	7,33 def	20,33 b-f	4,00 a-f
Kızıltan 91	94,00 fg	7,33 def	19,67 def	5,40 a
Zenit	82,00 ı	7,83 cde	21,33 b-e	3,45 c-g
Ortalama	***93,93***	***7,43***	***20,27***	***4,34***

Bitki Boyu: Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre bitki boyu değerleri 82,00-128,67 cm arasında geniş bir varyasyon göstermiştir. En kısa bitki boyunun 82,00 cm ile Zenit makarnalık buğday ve Esperia ekmeklik buğday çeşitlerinde olduğu görülürken, yabani buğday genotiplerinde Siyez Populasyon ve Zollernspelz dışındaki 7 genotipin bitki boyu 100 cm' nin üzerinde bulunmuştur (Çizelge 1). Özellikle Kızıl Buğday, Spelta Siyah, Dallı Buğday ve Zollernperle 110 cm' nin üzerinde bitki boyu ile en uzun bitki boyuna sahip genotipler olmuşlardır. Yabani buğday genotiplerinde bitki boyu ortalama olarak 109,33 cm iken, ekmeklik buğday çeşitleri 12 cm daha kısa (97,12 cm), makarnalık buğday çeşitleri ise 16 cm (93,93 cm) daha kısa ortalama bitki boyuna sahip olmuşlardır. Longing ve ark. (2016), Spelt ve Siyez buğdayında bitki boyunun modern ıslah çeşitlerine göre daha uzun olduğunu, Coşkun ve ark. (2019), Siyez ve Gernik buğdayında bitki boyunun 95-121 cm arasında değiştiğini ve modern çeşitlere göre bitki boyunun daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Başak Uzunluğu: Başak uzunluğunun arttırılması bitki tarafından üretilen başakların daha fazla tane taşıma kapasitesine sahip olmasını sağlayarak buğday verimini arttırmaktadır (Özgen, 1989). Çizelge 1'e göre on dokuz genotipin başak uzunluğu değerleri incelendiğinde 5,50-14,70 cm arasında geniş bir değişim gösterdiği görülmüştür. Kızıl Buğday, Spelta Siyah, Zollernperle ve Spelta Beyaz 13,50 cm' nin üzerinde başak uzunluğu ile en yüksek değerleri gösteren genotipler olurken, Kavılca Kırmızı, Kavılca Beyaz ve Siyez Populasyonu sırasıyla 5,50, 6,67 ve 5,50 cm başak uzunluğu ile oldukça düşük değerlere sahip olan genotipler olmuşlardır. Yabani buğday genotiplerinde ortalama başak uzunluğu 10,71 cm iken, ekmeklik buğday çeşitlerinde 9,07 cm ve makarnalık buğday çeşitlerinde ise 7,43 cm olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ekmeklik ve özellikle makarnalık buğday çeşitlerinin başak uzunluklarının iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Coşkun ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada Siyez'de başak uzunluğunun 4,8 cm, makarnalık buğdaylarda ise 6,8 cm olduğunu belirtmişlerdir. Irmak (2019) ve Tekdal ve ark. (2018), ekmeklik ve makarnalık buğdaylarda başak uzunluğunun 5,64 ile 8,96 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırıcıların elde ettikleri sonuçlar çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Başakta Başakçık Sayısı: İncelenen genotiplerin başakta başakçık sayısı değerleri 16,33-42,00 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek başakta başakçık sayısı 42,00 adet ile Dallı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Buğday genotipinden elde edilmiş ve bu genotipe başakta başakçık sayısı yönünden yakın bir değer taşıyan genotip olmadığı görülmüştür. Dallı Buğday haricinde diğer yabani buğday genotiplerinin ortalama başakta başakçık sayısı 21,83 adet iken, makarnalık buğday çeşitleri (20,27 adet) ve ekmeklik buğday çeşitleri (18,93 adet) daha düşük ortalama başakta başakçık sayısına sahip olmuşlardır. Elde edilen veriler özellikle ekmeklik buğdaylarda yapılacak ıslah çalışmalarıyla başakta başakçık sayısının artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Karahan (2020), Siyez buğdayında yaptığı çalışmada başakta başakçık sayısının 21,2-61,0 arasında değiştiğini belirtmiştir. Araştırıcının sonuçları ile elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir.

Bitki Ağırlığı: Bitki ağırlığı değerleri 1,27-5,40 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek bitki ağırlığı değeri 5,40 g ile Kızıltan 91 çeşidinden elde edilirken, bu genotipi 5,11 g ile Dallı Buğday, 4,60 g ile Ç 1252, 4,50 g ile NKÜ Asiya ve 4,40 g ile Spelta Siyah genotipleri izlemiştir. Yabani buğdayların ortalama bitki ağırlıkları 3,49 g iken, 4,38 g ile makarnalık buğday çeşitleri yabani buğday genotiplerinden daha yüksek performans göstermiştir. Ekmeklik buğday çeşitlerinde ise 3,48 g ile ortalama bitki ağırlığı değeri yabani buğday genotiplerinden elde edilen sonuç ile benzer bulunmuştur.

Çizelge 2. Başak ağırlığı, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Genotipler	Başak Ağırlığı (g)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Başakta Tane Ağırlığı (g)
Kızıl Buğday	2,28 bcd	31,00 gh	1,40 b-e
Spelta Siyah	2,26 bcd	38,67 c-g	1,34 c-g
Dallı Buğday	2,67 ab	68,67 a	2,09 abc
Zollernperle	2,07 bcd	36,00 efg	1,40 b-e
Spelta Beyaz	1,30 de	25,33 hı	0,78 e-h
Kavılca Kırmızı	0,83 e	19,00 ı	0,61 fgh
Kavılca Beyaz	0,85 e	15,67 ı	0,59 gh
Zollernspelz	2,00 bcd	38,33 d-g	1,37 b-f
Siyez Populasyon	0,73 e	19,67 ı	0,44 h
Ortalama	***1,67***	***32,48***	***1,11***
NKÜ Asiya	2,50 abc	50,67 ab	1,92 a-d
Rumeli	1,54 cde	40,00 b-g	1,57 a-d
Selimiye	1,57 b-e	33,67 fgh	1,31 d-g
NKÜ Lider	2,65 ab	45,33 b-e	2,16 ab
Esperia	1,95 bcd	42,33 b-f	1,50 a-e
Ortalama	***2,04***	***42,40***	***1,69***
Ç 1252	3,72 a	49,00 bcd	2,34 a
Svevo	2,36 a-d	43,33 b-f	1,83 a-d
NKÜ Ziraat	2,22 bcd	44,00 b-f	1,86 a-d
Kızıltan 91	2,62 abc	49,67 abc	1,82 a-d
Zenit	1,94 bcd	43,67 b-f	1,69 a-d
Ortalama	***2,57***	***45,93***	***1,91***

Başak Ağırlığı: Çizelge 2 incelendiğinde yabani buğday genotipleri ile ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinden elde edilen başak ağırlığı değerlerinin 0,73-3,72 g arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek başak ağırlığı değeri 3,72 g ile Ç 1252 çeşidinden elde

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

edilirken, bu çeşidi 2,67 g ile Dallı Buğday, 2,65 g ile NKÜ Lider, 2,62 g ile Kızıltan 91 ve 2,50 g ile NKÜ Asiya çeşitleri izlemişlerdir. Yabani buğdayların başak ağırlığı ortalaması 1,67 g iken, ekmeklik buğday çeşitlerinin 2,04 g ve makarnalık buğday çeşitlerinin de 2,57 g olduğu görülmüş, modern buğday genotiplerinin yabani buğday genotiplerine göre daha yüksek başak ağırlığı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Benli (2018) ve Şahin (2016) yaptıkları çalışmalarında başak ağırlığının 1,50-3,27 g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar çalışmamız ile benzerlik göstermiştir.

Başakta Tane Sayısı: Önemli seleksiyon kriterlerinden olan başakta tane sayısı 68,67-15,67 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2). En yüksek başakta tane sayısı 68,67 adet ile Dallı Buğday genotipinden elde edilmiştir. Dallı Buğday haricinde diğer yabani buğday genotipleri ise 40 adedin altında başakta tane sayısı vermişlerdir. Dallı Buğday genotipini 50,67 adet ile NKÜ Asiya ve 49,67 adet ile Kızıltan 91 çeşitleri izlemiştir. Dallı Buğday haricinde diğer yabani buğday genotiplerinin ortalama başakta tane sayısı 27,96 adet olurken, makarnalık buğday çeşitlerinden 49,67 adet, ekmeklik buğday çeşitlerinden de 42,40 adet ortalama başakta tane sayısı elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yabani buğday genotipleri ile modern buğday genotipleri kıyaslandığında başakta tane sayısının makarnalık buğday çeşitlerinde ortalama 13 adet, ekmeklik buğday çeşitlerinde ise ortalama 10 adet daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kaya ve arak. (2023) Siyez'de başakta tane sayısının 9,3-23,2 adet arasında değiştiğini ve ortalama olarak 16,3 adet olduğunu belirtmişlerdir.

Başakta Tane Ağırlığı: İncelenen 19 buğday genotipinin başakta tane ağırlığı değerleri 2,34-0,44 g arasında değişmiştir. En yüksek başakta tane ağırlığı 2,4 g ile Ç 1252 çeşidinden elde edilirken, bunu 2,16 adet ile NKÜ Lider, 2,09 adet ile Dallı Buğday ve 1,92 adet ile NKÜ Asiya genotipleri izlemiştir. Yabani buğday genotiplerinin ortalama başakta tane ağırlığı 1,11 g iken, ekmeklik buğday çeşitlerinin 1,69 g, makarnalık buğday çeşitlerinin ise 1,91 g olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre yabani buğday genotipleri ile modern buğday genotipleri kıyaslandığında, ekmeklik buğday çeşitleri ortalama 58 g, makarnalık buğday çeşitleri ise ortalama 80 g daha yüksek başakta tane ağırlığına sahip olmuştur. Kaya ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada başakta tane ağırlığının Siyez' de 0,49-0,65 g, ekmeklik buğday çeşitlerinde ise 1,63-1,80 g arasında değiştiğini bulmuşlardır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

İncelenen özellikler yönünden genotipler arasında geniş bir varyasyon olduğu belirlenmiştir. Modern buğday genotipleri bitki boyu, başak ağırlığı, başakta tane sayısı, bitki ağırlığı ve başakta tane ağırlığı yönünden daha yüksek değerlere sahipken yabani buğday genotipleri ise başak uzunluğu ve başakta başakcık sayısı yönünden daha üstün özellik göstermişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar yabani buğday genotiplerinin ıslah çalışmalarında başak uzunluğu ve başakta başakçık sayısı yönünden iyi bir genetik kaynak olabileceklerini ortaya koymaktadır.

Yazar Katkı Beyanı

Tüm yazarlar bildirinin hazırlanmasına eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Tüm yazarlar bu makaleyle ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Akar, T. ve Eser, V., Ülkemizde kavuzlu buğday üretiminin dünü bugünü ve yarını. TURKTOB Dergisi, 18, 8-11, 2016.

Benli, K., *Ekmeklik buğday çeşitlerinde bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın, 2018.

Cockram, J., Jones, H., Leigh, F.J., et al., Control of flowering time in tem-perate cereals: genes, domestication, and sustainable productivity. Journal of Experimental Botany, 58:1231-1244, 2007.

Coşkun, İ., Tekin, M. ve Akar, T., Türkiye kökenli Diploid ve Tetraploid kavuzlu buğday hatlarının bazı Agro-morfolojik özellikler bakımından tanımlanması. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 5(2): 322-334, 2019.

Erenstein, O., Jaleta, M., Mottaleb, K.A., Sonder, K., Donovan, J., Braun, H.J., *Global trends in wheat production, consumption and trade.* In: Reynolds MP, Braun H-J, eds. Wheat improvement: food security in a changing climate. New York: Springer International, 47–66, 2022.

Evans, L.T., *Crop evolution, adaptation and yield.* Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

Ezici, A. A., *Ekmeklik buğdayda (Triticum aestivum L.) bazı agro morfolojik ve kalite özelliklerinin tanımlanması ve bu özelliklerle ilgili gen bölgelerinin allelik varyasyonlarının belirlenmesi.* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana, 2019.

Gómez-Fernández, A., Osborne, C.P., Rees, M., et al., Disparities among crop species in the evolution of growth rates: the role of distinct origins and domestication histories. The New Phytologist, 233:995-1010, 2022.

Harlan, J.R., de Wet, J.M.J., Price, E.G., Comparative evolution of cereals. Evolution, 27:311–325, 1973.

Irmak, H., *Edirne ekolojik koşullarında ekmeklik buğdayda (Triticum aestivum l.) farklı üst gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2019.

Kaya, M., Şener, A. ve Çelik, N., Farklı Siyez buğdayı genotiplerinin verim ve bazı verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 6(2): 52-59, 2023.

Longin, C.F.H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., Würschum, T., Comparative study of hulled (Einkorn, Emmer and Spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): agronomic performance and quality traits. Crop Science, 56, 302-311, 2016.

Milla, R., Osborne, C.P., Crop origins explain variation in global agricul- tural relevance. Nature Plants, 7: 598–607, 2019.

Özgen, M., Kışlık Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Melez Gücü. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 13(36): 1190-1202, 1989.

Rosegrant, M.W., Agcaoili-Sombilla, M. ve Perez, N.D., Global food projections to 2020: implications for investment. Washington, DC, IFPRI, 1995.

Roucou, A., Violle, C., Fort, F., Roumet, P., Ecarnot M, Vile D., Shifts in plant functional strategies over the course of wheat domestication. Journal of Applied Ecology 55: 25–37, 2018.

Şahin, G., *Bazı makarnalık buğday (Triticum durum L.) Çeşitlerinin Çanakkale koşullarındaki verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Çanakkale, 2016.

Tekdal, S., Kılıç, H, ve Çam, B, Makarnalık buğdayda çeşit, hat ve yerel genotiplerin verim ve kalite özellikleri yönünden karşılaştırılması. *International Journal Of Agricultural And Natural Sciences*, 1(3): 194-200. 2018.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

THE IMPACT OF THE ZONING PEACE LAW ON URBAN TRANSFORMATION PROCESSES: A SWOT ANALYSIS AND TOWN MATRIX APPROACH

Asst. Prof. Dr., Fatih TAKTAK
Uşak University,
fatih.taktak@usak.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1324-2036

ABSTRACT

The Zoning Amnesty Law, which came into force in 2018, is a regulatory instrument designed to register the building stock in Turkey, prevent illegal construction, and accelerate urban transformation processes. The enactment of this legislation has facilitated the legal status of buildings in regions where illegal construction is prevalent, addressing ownership issues and enabling citizens to access public services with greater ease. Furthermore, the registration of millions of residential and commercial properties has played a pivotal role in the revitalisation of the building stock. Nevertheless, the implementation of the Zoning Amnesty Law has given rise to a number of challenges and critiques. The law has been the subject of controversy due to concerns regarding the potential encouragement of illegal construction, the environmental impact of such construction, the protection of natural habitats, and the inadequacy of legal regulations. Furthermore, deficiencies in the implementation process, such as a lack of control and disregard for zoning plans, are also of concern. This study employs a combination of SWOT analysis and TOWN matrix approaches to evaluate the impact of the Zoning Amnesty Law. A SWOT analysis provides a detailed examination of the strengths, weaknesses, opportunities and threats associated with the law in question. The strengths of the law include the recording of the building stock and the provision of legal security. However, the weaknesses include issues such as the lack of implementation and the encouragement of illegal construction. The TOWN matrix allows for the evaluation of the opportunities and threats of the law in the context of urban transformation processes from a regional perspective. Consequently, the effects of the Zoning Amnesty Law on urban transformation processes in Turkey are examined comprehensively in terms of both the SWOT analysis and the TOWN matrix.

Keywords: Zoning Peace Law, Urban Transformation, SWOT Analysis, TOWN Matrix, Urban Planning

1. INTRODUCTION

The Zoning Amnesty Law, which was enacted in Turkey in 2018, was designed with the objective of regulating urban transformation processes and registering the building stock. The legislation was devised with the objective of establishing a legal framework for construction activities throughout the country, preventing illegal construction, and accelerating urban transformation processes. The objective of the legislation is to guarantee that structures situated

in areas where illicit construction is pervasive are duly registered and accorded legal status, thereby enabling them to benefit from public services.

The enactment of the Zoning Amnesty Law has facilitated the registration and conferral of legal status upon millions of residences and workplaces throughout Turkey. This has made a substantial contribution to the resolution of citizens' property issues, the renewal of the building stock, and the acceleration of urban transformation processes. However, the law's implementation faced numerous challenges and drew criticism from diverse sources.

Concerns have been raised that the law might encourage building without a permit, that not following zoning plans could have bad results, that the environment and natural habitats might not be protected well enough, and that the rules set by the law might not be enough. These concerns have been the subject of discussion in the context of the Zoning Amnesty Law. Furthermore, the opportunities and positive effects that emerged with the implementation of the law should not be overlooked. A basis has been established for examining the impact of the Zoning Amnesty Law on urban transformation processes in Turkey, and a comprehensive framework for the subject has been established. Before going into a detailed analysis of the changes made by the legislation, it is necessary to first explain the background and main rationale behind these changes. This study employs a SWOT analysis to examine the changes that have emerged with the implementation of the Zoning Amnesty Law in Turkey. The analysis provides a comprehensive examination of the strengths, weaknesses, opportunities, and threats inherent in the legislation. The strengths of the legislation include the regulation of the building stock and the legal guarantees brought about by the legal regulation. However, the weaknesses include issues such as the inadequacy of implementation and encouragement of illegal construction. Furthermore, the potential benefits of the zoning amnesty, including how they can be evaluated, are examined in detail, as are the possible risks and how they can be addressed. This approach allows for a comprehensive evaluation of the implementation of the zoning amnesty in Turkey.

2. ZONING AMNESTY IN TURKEY- FROM THE PAST TO THE PRESENT

In our country, the increasing urban population after the republican era had a negative impact on urban development and planning, leading to unplanned urban development with shantytowns. Shantytown residents initially resisted the demolition practices of local governments, but once they reached a certain size, they became an important political force for local governments. In the process, demands for ownership of existing buildings and building rights have emerged. These demands have led to the creation of about twenty zoning regulations from 1948 to the present (İlgün and Uysal, 2022; Yılmaz, 2023; Keleş, 2023).

From the past to the present, zoning amnesties have been an important part of the country's urban transformation process and construction policy. Zoning amnesties have generally been implemented to control illegal construction, regulate the building stock and enable citizens to obtain property rights through legal means (Tatlı, 2020; Giritlioğlu & Özden, 2020).

The first large-scale zoning amnesty, which took place in 1984-1985, began with the increase of illegal construction in Turkey. During this period, owners of illegal buildings were given the opportunity to register and legalise their buildings. A similar zoning amnesty was then carried

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

out in 2004-2005 and owners of illegal buildings were given the opportunity to register and legalise their buildings (Aksoy, 2021).

Due to the increase in illegal construction and the spread of unplanned urbanisation, a new zoning amnesty was implemented in 2012-2013. During this period, owners of illegal buildings who met certain conditions were able to register their buildings and make them legal (Bozdağ & Ertunç, 2020).

In 2018, a new regulation was made in Turkey under the name of "zoning amnesty." Within the scope of this regulation, illegal buildings were registered and the owners of the buildings were given the opportunity to legalise them. However, under the zoning amnesty, applications had to be made within a certain period of time and sanctions were foreseen for buildings that were not built by the end of this period (Altinişik, 2022; Kavanoz & Erdem, 2022).

These zoning amnesty practices were carried out with the aim of solving the problem of illegal construction in Turkey and regulating the building stock. However, it is also known that these practices have led to some criticism and debate. In particular, issues such as encouraging illegal construction and failing to prevent unplanned urbanisation are points where these practices are criticised (Bulubay, 2021; Tayfun & Kandemir, 2022).

3. THE ZONING AMNESTY PROCESS

Zoning amnesty is generally granted for various reasons such as urban transformation processes, control of unplanned construction, regulation of building stock and protection of social order. Zoning amnesty applications are used as a tool to solve the problem of illegal construction that occurs in urbanisation processes (Uzan, 2023). The need for urban transformation processes can be demonstrated. Urban transformation is planned and regular interventions are carried out to solve the structural problems of cities and to make urban areas more sustainable. In these processes, a planning amnesty can be applied to renew and modernise the existing building stock. In this way, illegal construction is prevented and existing structures are legalised, contributing to the urban transformation process (Ergen & Peker, 2022).

Zoning amnesty is issued to control unplanned construction. Unplanned construction is the unbalanced and uncontrolled construction process in cities and can cause various social and environmental problems. To solve these problems, zoning amnesty can be applied to legalise existing illegal construction and prevent future illegal construction (Yolcu, 2021).

Zoning amnesty regulations can be enacted to protect social order. Illegal construction can lead to disruption of social order and legal problems. Therefore, zoning amnesty is applied to legalise existing illegal construction and ensure social peace.

Zoning amnesty applications are generally issued for reasons such as urban transformation processes, controlling unplanned construction and maintaining social order. While these applications contribute to the orderly development of cities, they also serve important purposes such as preventing illegal construction and maintaining social peace (Yılmaz, 2023).

With the increasing problems of shantytowns and illegal construction in our country, a regulation known as the 'zoning amnesty' came into force with the adoption of the 'Law No. 7143 on the Restructuring of Taxes and Other Certain Receivables and Amendments to Certain

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Laws, published in the Official Gazette on 18 May 2018'. The zoning amnesty application covers buildings constructed before 31 December 2017 with incomplete licences, violations of licences and annexes, and violations of zoning laws. The law stipulated that if citizens met the required conditions, a building registration certificate would be issued and these structures would be registered. The purpose of the ordinance was to resolve legal problems between citizens and the state and to register structures that violated zoning laws. However, another important purpose of the regulation was to provide economic resources for future urban transformation practices. The zoning amnesty regulation issued a 'building registration certificate'. With this document, it was possible to register buildings that did not comply with zoning regulations after applying to institutions authorised by the Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change, provided that the necessary conditions were met (Keleş, 2023; Yılmaz, 2023).

The main reasons for the implementation of the Zoning Amnesty in Turkey were urban transformation, control of illegal construction and removal of legal uncertainties. Population growth and urban migration in urban areas across the country have led to an increase in unplanned and illegal construction to meet housing needs. This situation has resulted in an irregular building stock and weakened urban infrastructure. In addition, the need to renovate and strengthen earthquake-prone buildings, especially in large cities, has put the need for urban transformation on the agenda. However, the cost of urban transformation projects and the complexity of the process mean that many citizens do not have the opportunity to rebuild their illegal structures. At this point, the zoning amnesty provides both an alternative to the urban transformation process and legal security for building owners by legalising illegal structures. In addition, the zoning amnesty scheme was implemented with the aim of removing legal uncertainties and strengthening the property rights of building owners. For this reason, the zoning amnesty is considered as an important tool in the urban transformation process in Turkey (Giritlioğlu, 2020; Cengiz, 2022).

4. SWOT ANALYSIS

SWOT analysis is a strategic planning tool used to evaluate the internal and external factors of an organisation or project. SWOT is an acronym for Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. This analysis is used to set strategic goals and create future action plans by evaluating the current status of an organisation or project (Benzaghta et al. 2021, Puyt 2020).

The main purpose of SWOT analysis is to systematically evaluate the internal and external factors of an organisation or project, determine its strengths and weaknesses, define existing opportunities and threats in the external environment, and guide the strategic decision-making process (Hazzan 2017).

A SWOT analysis typically includes the following steps:

Identify strengths: Identifying the internal advantageous characteristics of the organisation or project. These typically include elements such as experience, knowledge, technological capabilities, brand reputation, financial resources.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Identify weaknesses: Identifying the internal limitations and shortcomings of the organisation or project. These typically include skills gaps, resource deficiencies and marketing challenges.

Identify opportunities: Identifying the positive conditions in the external environment of the organisation or project that could be beneficial. These typically include market expansion opportunities, new technology developments and competitive weaknesses.

Threat identification: Identifying the risks in the organisation's or project's external environment that could have a negative impact. These typically include new competitive initiatives, marketing regulations and economic downturns.

A SWOT analysis is an important tool for understanding the strategic position of an organisation or project, assessing its current status and setting future goals. This analysis can help organisations and projects maximise their competitive advantage and make strategic decisions (Leigh 2009, Puyt 2020).

5. TOWS MATRIX

In the strategic planning process, after the SWOT analysis is conducted to understand the current state of the organisation, the TOWS matrix is created. The TOWS matrix is considered a more advanced stage of the SWOT analysis. SWOT analysis analyses the internal and external environment of an organisation and identifies its strengths, weaknesses, opportunities and threats. The TOWS matrix is a tool for developing strategic options using the results of this analysis (Figure 1) (Teoli 2019, Ghazinoory 2007).

	Strong Points	Weak Points
Opportunities	Strategies that match strong points with opportunities coming from the environment	Strategies aimed at eliminating weaknesses to take advantage of opportunities
Threats	Strategies to eliminate external threats using strong points	Defense strategies to prevent weaknesses from being exacerbated by external threats

Figure 1. TOWN Matrix

The TOWN matrix establishes a relationship between the organisation's internal strengths and weaknesses and external opportunities and threats. This matrix is used to understand the current state of the organisation, set strategic goals and make strategic decisions. The TOWN matrix helps organisations to use the results of the SWOT analysis more effectively.

In constructing the TOWN matrix, the strengths identified in the SWOT analysis are matched with opportunities and strategic advantages. Similarly, the weaknesses are matched with the threats and, as a result of this matching, the risks and difficulties that the organisation may face are determined. In addition, strengths are matched with threats and weaknesses with opportunities, and as a result of these matches, the organisation's internal and external factors are combined and strategic options are developed.

The TOWN matrix helps organisations make strategic decisions to increase their competitive advantage, maximise their strengths, develop their weaknesses, evaluate opportunities and

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

manage threats. This matrix is used as an important tool in the strategic planning process of organisations and plays an effective role in strategic management (Uçar and Doğru 2005, Doğan 2014).

6. IMPLEMENTATION: ZONING AMNESTY IN TURKEY

The number of applications for zoning amnesty in Turkey can be examined under the influence of various socio-economic and environmental factors in relation to the country's situation. The number of applications can be seen as a reflection of different dynamics. First, it can be observed that economic conditions have a significant impact on the number of applications. Individuals experiencing economic difficulties may act out of a desire to legalise their existing structures and avoid future sanctions. In addition, the need for urban redevelopment is also a factor influencing the number of applications. Unplanned and illegal construction can have a negative impact on the appearance of cities and increase the demand for urban transformation projects. The search for legal certainty also plays an important role in the increase in applications for zoning amnesty. Legal uncertainty among citizens and the desire to avoid future legal problems can increase the number of applications. However, environmental factors can also be effective. The environmental impact and risks of unplanned construction may lead citizens to legalise their existing structures. Finally, the fact that public policies encourage or offer planning amnesties for a certain period of time can also influence the number of applications. When these factors come together, the number of zoning amnesty applications in Turkey can provide important clues about the country's situation (Figure 2).

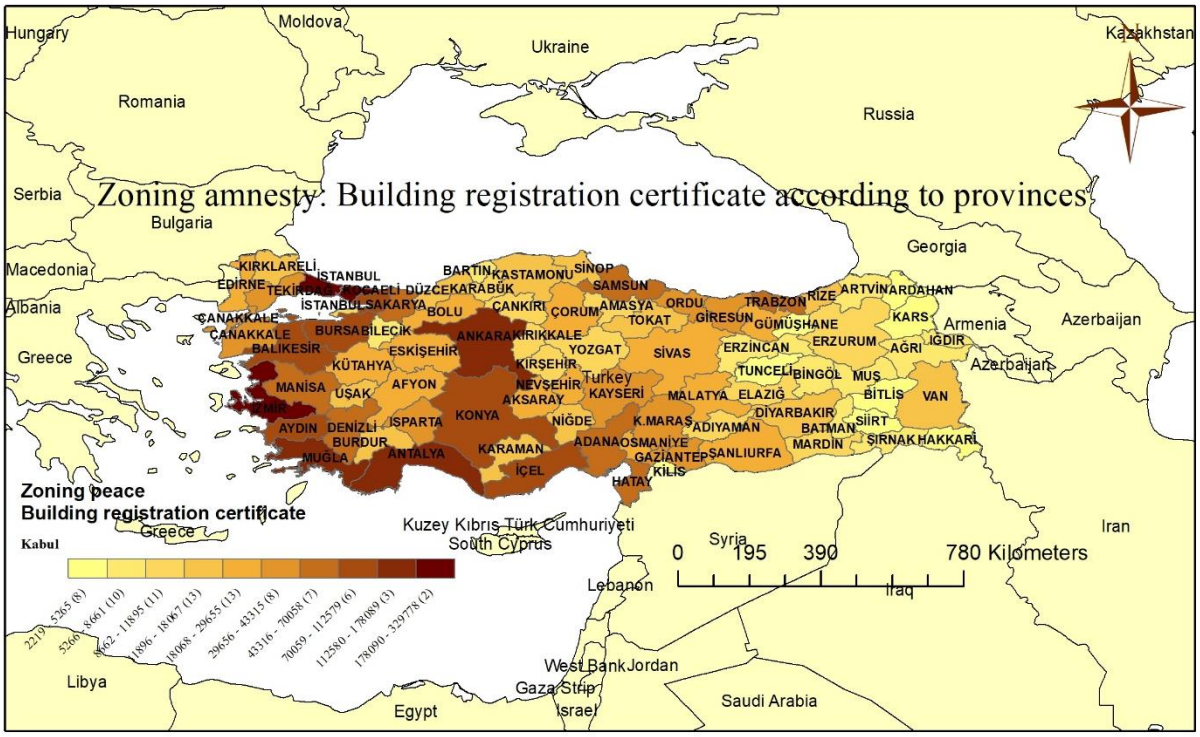


Figure 2. Thematic map of the number of applications made for zoning peace in Turkey

The number of applications received (Figures 2 and 3) shows the interest in the zoning amnesty programme throughout Turkey. These data can provide important clues about the state of

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

construction and zoning problems in different regions and provinces. Firstly, the high number of applications in large cities such as Istanbul and Izmir is striking. This can be linked to the dense population and large building stock. This high demand in large cities shows the prevalence of unplanned construction problems and illegal construction.

On the other hand, the low number of applications in small and less developed provinces shows that construction problems and illegal construction are less common in these regions. However, the low number of applications does not mean that there are no zoning problems in these provinces. The low interest in the zoning amnesty programme in these provinces may be due to various reasons.

In some provinces, the number of applications is moderate. This shows that the building situation and land use problems in these provinces are at a medium level. Citizens show a moderate interest in legalising their existing structures and avoiding future sanctions.

The distribution of applications in the different provinces (Figure 3) should also be linked to economic, social and environmental factors. For example, economic difficulties or the intensity of urban transformation projects may influence the number of applications. The number of applications to the construction amnesty programme reflects the construction status and problems in different regions of Turkey. This data can be an important source for understanding the impact of construction policies and environmental factors, and can contribute to the policy-making process for solving construction problems.

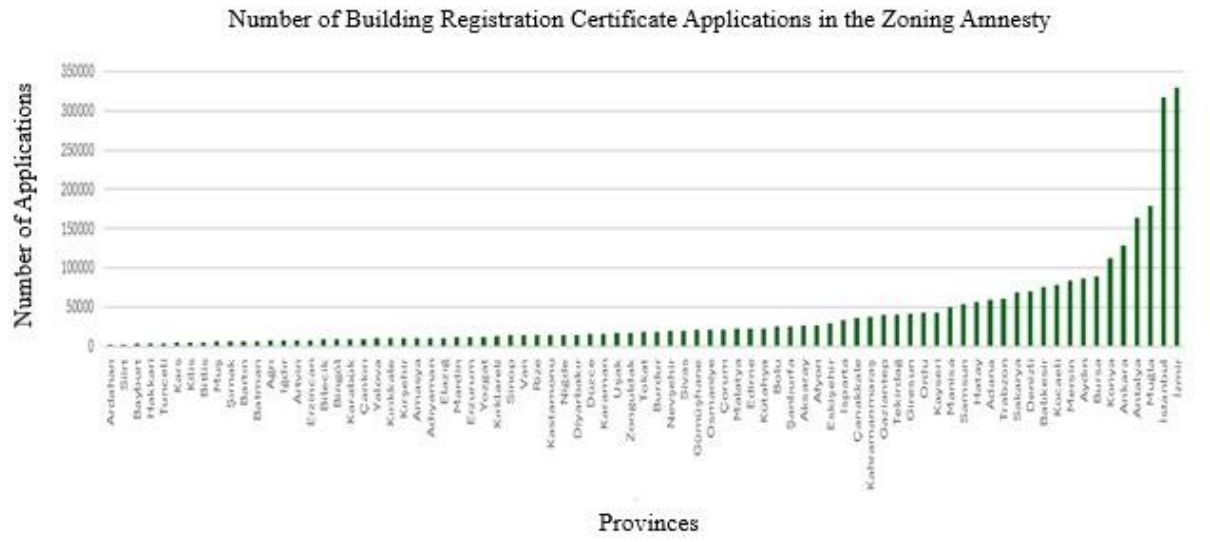


Figure 3. Table of the number of applications for zoning amnesty in Turkey (Euronews)

Identifying the reasons for the adoption of the zoning amnesty in Turkey through a SWOT analysis will enable decision-makers and relevant stakeholders to gain a broader perspective on the issue. This analysis will help to identify in advance the potential effects of the zoning amnesty and the difficulties it may face. Firstly, the SWOT analysis will be used to identify the strengths and weaknesses of the scheme. This is important to understand the advantages and disadvantages of the zoning amnesty. For example, while the legalisation of illegal buildings may accelerate the urban transformation process, limitations such as a limited application date and the inability to change the current use of the buildings may be the weaknesses of the

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

scheme. In addition, the SWOT analysis will also identify the opportunities and threats that may arise from the implementation of the zoning amnesty. For example, while there are opportunities such as the scheme meeting the need for urban transformation and regulating the building stock, threats such as construction problems and environmental risks may arise in the event of misuse or inadequate implementation. Therefore, the SWOT analysis will help to make the necessary strategic decisions for the effective design and implementation of the zoning amnesty regulation. Identifying the rationale for a building amnesty through a SWOT analysis will enable more informed decisions to be made by comprehensively assessing all aspects of the issue and will help to determine appropriate strategies for long-term success.

Table 1. Weaknesses of the zoning amnesty law implemented in Turkey using the SWOT analysis method

S.N.	Weak Points
1	The legal infrastructure and inspection mechanisms were insufficient and ineffective in preventing illegal construction.
2	The designated application period was short, and some property owners did not have enough opportunity to apply within this time frame.
3	The payment obligation created financial difficulties for some citizens, reducing the number of applications.
4	The inability to change the current use of structures under the zoning amnesty was functionally restrictive for some property owners.
5	There were uncertainties regarding the compliance of legalized buildings with safety standards and construction quality. This created potential risks that could lead to structural problems in the future.
6	The environmental impacts and effects of legalized buildings on urban planning were not sufficiently evaluated. This contributed to increased environmental risks and unplanned urbanization.

These weaknesses (Table 1) summarise past problems with the implementation of the zoning amnesty and highlight areas where the scheme needs to be developed and improved.

Table 2. Strengths of the zoning amnesty law implemented in Turkey, using the SWOT analysis method

S.N.	Strong Points
1	The zoning amnesty law enabled the acceleration and promotion of urban transformation projects.
2	Legal regulations helped to control and legalize illegal constructions.
3	The zoning amnesty provided property owners with the opportunity to legalize their homes under a legal framework and secure property rights.
4	The regulation helped eliminate legal uncertainties and provided clarity and security for property owners.
5	The zoning amnesty contributed to organizing urban infrastructure and improving city planning.

These strengths (Table 2) summarise the successes of the implementation of the zoning amnesty so far and highlight the positive impact of the scheme.

Table 3. Opportunities of the Zoning Amnesty Law Implemented in Turkey Based on SWOT Analysis

S.N.	Opportunities
1	The zoning amnesty law enabled the acceleration of urban transformation projects and the improvement of urban infrastructure.
2	The regulation provided property owners with the opportunity to legalize their unauthorized structures and secure property rights.
3	The zoning amnesty contributed to encouraging new investments in the construction sector and supporting economic growth.
4	The regulation helped avoid demolition and reconstruction costs for illegal buildings, leading to savings in public expenditures.
5	The zoning amnesty enabled local governments to have more resources and capacity for urban planning and infrastructure projects.

These opportunities (Table 3) summarize the past successes of the zoning amnesty law and highlight its positive impacts on urban transformation and construction in Turkey.

Table 4. Threats of the Zoning Amnesty Law Implemented in Turkey Based on SWOT Analysis

S.N.	Threats
1	The zoning amnesty has led to increased environmental risks by encouraging unplanned construction.
2	The legalization of unauthorized buildings that do not meet safety standards may result in structural problems in the future.
3	The zoning amnesty may encourage unplanned urban development, exacerbating urban planning and infrastructure issues.
4	Uncertainties regarding some provisions and implementations of the regulation persist, negatively affecting property owners and local governments.
5	The fact that many legalized buildings do not comply with safety and quality standards may lead to a decline in the quality of the building stock in the future.

These threats (Table 4) summarize the past challenges of the zoning amnesty implementation and highlight the risks associated with the regulation.

The TOWN matrix provides a balanced evaluation of the internal and external factors of the Zoning Amnesty Law enacted in Turkey. It aims to maximize opportunities by leveraging strengths and address weaknesses to mitigate threats. This analysis serves as a supportive tool to determine whether the law was successfully planned and can guide the implementation and sustainability of similar regulations in the future (Table 5).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Table 5. TOWN Matrix Sustainability Strategies

	Strengths	Weaknesses
	Strength-Opportunity Strategies	**Weakness-Opportunity Strategies**
Opportunities	• The positive provisions of the law provided property owners with the opportunity to legalize their structures, accelerating urban transformation projects. • The provisions of the law had the potential to promote urban transformation and assist in resolving property issues. • The positive provisions of the law offered opportunities for economic relief and reduced the financial burden on citizens. • The law helped address issues in the construction process and provided an opportunity to establish planned development for the future. • The positive provisions of the law offered opportunities to enhance environmental sustainability and strengthen urban infrastructure.	• Despite the uncertainties and complexities in the law causing difficulties in informing citizens and solving problems, the process provided opportunities to resolve property issues and offer economic relief. • Although the amnesty conditions were considered unfair and property issues were not fully resolved, the law presented opportunities to legalize past unlawful constructions and avoid future sanctions. • The uncertainties and complexities in the law led to a lack of legal security; however, the process also created opportunities to accelerate urban transformation and renewal projects. • The uncertainties and complexities in the law increased injustices in the construction process, but they also contributed to resolving long-standing property issues and fostering planned and sustainable urban development. • The uncertainties and complexities in the law encouraged illegal construction; however, the process provided opportunities to accelerate urban transformation and renewal projects and strengthen city infrastructure.
	Strength-Threat Strategies	**Weakness-Threat Strategies**
Threats	• The positive provisions of the law provided property owners the opportunity to legalize their structures; however, uncertainties and criticisms regarding the fairness of amnesty conditions threatened public trust. • The provisions of the law had the potential to promote urban transformation, but legal ambiguities and the arbitrary application of amnesty conditions during implementation undermined the sense of justice. • The provisions of the law offered opportunities to resolve property issues and accelerate urban transformation, but due to uncertainties and complexities, citizens were not adequately informed, and problems remained unresolved. • The positive provisions of the law had the potential to provide economic relief, but uncertainties and arbitrary applications during implementation threatened economic stability. • The provisions of the law presented opportunities to accelerate urban transformation and renewal projects, but due to uncertainties and complexities, planned and sustainable development could not be achieved.	• The uncertainties and complexities in the law caused difficulties in informing citizens and resolving issues, undermining legal reliability and leading to public concern and unrest. • The perception of unfairness in the amnesty conditions and the failure to fully resolve property issues weakened the sense of justice, increasing social tension. • The uncertainties and complexities in the law led to a lack of legal security, leaving property owners legally unprotected and exacerbating concerns over legal ambiguities. • The uncertainties and complexities in the law increased injustices in the construction process, resulting in social inequalities and heightened public dissatisfaction. • The uncertainties and complexities in the law encouraged illegal construction, threatening future urban planning and environmental sustainability, which posed long-term environmental and economic risks.

7. RESULTS AND DISCUSSION

The changes brought about by the Zoning Amnesty Law in Turkey should be carefully examined in terms of benefits and drawbacks. The implementation of this law has provided advantages such as addressing long-standing property issues and legalizing unauthorized constructions. Property owners were given the opportunity to legalize their structures, thereby escaping legal uncertainties. Additionally, the law accelerated urban transformation projects and contributed to economic relief, which are significant benefits. However, alongside these

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

advantages, the Zoning Amnesty Law also introduced some drawbacks. The uncertainties and injustices that arose during its implementation led to a sense of legal insecurity and undermined the sense of justice in society. Furthermore, criticisms regarding the fairness of the amnesty conditions and the environmental impacts of construction are important factors to consider.

When the effects of the Zoning Amnesty Law in Turkey are evaluated from the perspective of a SWOT analysis, various findings can be identified. This analysis highlights the strengths and weaknesses of the law, as well as the opportunities and threats encountered.

Among the strengths of the law, the opportunity it provided property owners to legalize their structures and the encouragement it gave to urban transformation projects are significant advantages. These regulations facilitated the resolution of long-standing property issues and had the potential to provide economic relief. Furthermore, factors such as addressing uncertainties in the construction process and promoting planned development are identified as the strong points of the law.

However, the weaknesses of the law and the threats encountered should not be overlooked. The uncertainties and injustices that emerged during its implementation created a sense of legal insecurity and undermined the sense of justice in society. Additionally, criticisms regarding the fairness of the amnesty conditions and the environmental impacts of construction are key weaknesses of the law.

This analysis provides a balanced evaluation of the strengths and weaknesses of the Zoning Amnesty Law, as well as the opportunities and threats it presents. It serves as an important guide for understanding the effective implementation and outcomes of the law. Enhancing the strengths of the law and addressing its weaknesses can help make future regulations more effective.

When the impacts of the Zoning Amnesty Law are evaluated through the lens of the TOWN matrix, various findings emerge. This analysis identifies the strengths and weaknesses inherent in the law, while also taking into account the opportunities and threats encountered.

The strengths of the law include providing property owners with the opportunity to legalize their structures and accelerating urban transformation projects, which are significant advantages. These regulations enabled the resolution of long-standing property issues and contributed to economic relief. Additionally, factors such as addressing uncertainties in the construction process and promoting planned development form the strengths of the law.

However, the weaknesses and threats of the law cannot be ignored. The uncertainties and injustices that arose during its implementation created a sense of insecurity in society and undermined the sense of justice. Moreover, criticisms regarding the fairness of the amnesty conditions and the environmental impacts of construction are key weaknesses of the law.

The TOWN matrix provides a balanced evaluation of these strengths and weaknesses, along with the opportunities and threats encountered. This analysis can offer important guidance for understanding the effective implementation and outcomes of the law. Focusing on enhancing the strengths of the law and addressing its weaknesses can help make future regulations more impactful and effective.

REFERENCES

Aksoy, E. (2021). Türkiye'de 1980 sonrası kalkınma planlarında yer alan vergi politikalarına ilişkin hedeflerin gerçekleşmeleri (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Altinişik, H. U. (2022). Tarihi Arka Planıyla Birlikte İmar Barışı 1. Third Sector Social Economic Review, 57(3), 1593-1610.

Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M. M., Erkan, I. and Rahman, M., 2021. SWOT analysis applications: An integrative literature review. Journal of Global Business Insights, 6(1), 55-73.

Bozdağ, A., & Ertunç, E. (2020). İmar Barışı Sürecinde İmar ve Şehircilik Gelişiminin CBS ile Analizi, Kayseri Büyükşehir Belediyesi Örneği. Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 2(2), 67-74.

Bulubay, C. (2021). İmar Barışının Kentsel Korumaya Yönelik Olumsuz Etkilerinin İstanbul Tarihî Yarımada Perspektifinden İncelenmesi. Planlama, 31(3).

Cengiz, E. (2022). Meclis Tutanaklarında İmar Affı Tartışmaları. The Journal of International Scientific Researches, 7(Ek), 66-81.

Doğan, N. Ö. and Sözbilen, G., 2014. Kaya otel işletmeleri için en uygun stratejinin belirlenmesi: Bir SWOT/AHP uygulaması. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(4), 95-112.

Ergen, M., & Peker, Ü. (2022). Türkiye'deki Kentsel Dönüşüm Süreç Analizi; İstanbul-Gaziosmanpaşa Örneği. Journal of Agricultural Biotechnology, 3(2), 101-116.

Ghazinoory, S., Esmail Zadeh, A. and Memariani, A., 2007. Fuzzy SWOT analysis. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 18(1), 99-108.

Giritlioğlu, P. P., & Özden, K. (2020). Kentsel Adalet Ekseninde İmar Afları: İmar Barışı Üzerine Bir Değerlendirme. Prof. Dr. Necla Giritlioğlu'na Armağan, 255-283.

Hazzan, O., Heyd-Metzuyanim, E., Even-Zahav, A., Tal, T. and Dori, Y. J., 2017. Application of management theories for STEM education: The case of SWOT analysis. Springer.

İlgün, A., & Uysal, H. (2022). Türkiye'de İmar Affı/İmar Barışı Kanunlarının Uygulamaları ve Karşılaşılan Sorunlar: Alanya Örneği. Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 4(1), 1-11.

Kavanoz, S. E., & Erdem, N. (2022). İmar Barışı Uygulamasının Değerlendirilmesi: Trabzon Örneği. Planlama, 32(2).

Keleş, İ. (2023). Türkiye'de imar aflarının imar yasaları ve imar planlarına etkisi. Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi, 6(7), 969-990.

Leigh, D., 2009. SWOT analysis. Handbook of Improving Performance in the Workplace: Volumes 1-3, 115-140.

Puyt, R., Lie, F. B., De Graaf, F. J. and Wilderom, C. P., 2020. Origins of SWOT analysis. In Academy of management proceedings (Vol. 2020, No. 1, p. 17416). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

Tatlı, A. (2020). Türkiye'nin kentleşme sürecini etkileyen yasalar kapsamında imar afları; imar barışı yasal düzenlemesinin Ankara ilinde uygulanması (Master's thesis).

Tayfun, Ç., & Kandemir, E. S. (2022). Türkiye'de imar uygulama mevzuatındaki gelişim süreci. Geomatik, 7(1), 26-40.

Teoli, D., Sanvictores, T. and An, J., 2019. SWOT analysis.

Uçar, D. and Doğru, A. Ö., 2005. CBS projelerinin stratejik planlamasi ve Swot analizinin yeri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10.

Uzan, H. K. (2023). Kentsel Dönüşüm: Belediyelerin Sorumlulukları ve Türkiye'de Mevzuat Değerlendirmesi. Uluslararası Akademik Birikim Dergisi, 6(5).

Yılmaz, O. (2023). Politika Uygulama Aracı Olarak Türkiye İmar Affı Düzenlemelerinin Gelişimi. Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 5(2), 100-121.

Yolcu, F. (2021). Türkiye'de Kentsel Dönüşümün Yasalar ve Aktörler Üzerinden Dönemsel Olarak Değerlendirilmesi. Planlama, 31(3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

USAK PROVINCE SOILLESS AGRICULTURE PROJECT: LAND SELECTION, SWOT ANALYSIS, AND FEASIBILITY STUDY

Asst. Prof. Dr., Fatih TAKTAK

Uşak University,

fatih.taktak@usak.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1324-2036

ABSTRACT

The term 'soilless agriculture' is used to describe a modern agricultural method for plant growth that is an alternative to traditional soil use. One such method is the hydroponic system, which permits the roots of plants to grow in water, thereby ensuring the direct delivery of requisite nutrients to the roots. Soilless agriculture enhances productivity by facilitating more efficient nutrient uptake, and is regarded as a pioneering approach offering benefits in terms of sustainability. The advantages of the soilless agriculture method include the conservation of water, the regulation of nutrient intake, the prevention of disease and the control of pests, the capacity for year-round production and the attainment of higher yields than those achievable through traditional methods. In particular, the possibility of conducting agricultural activities in restricted areas, the implementation of urban agriculture practices and the production of crops in diverse climatic conditions render this method an attractive option for a variety of agricultural projects. Nevertheless, the method is not without its disadvantages, including high initial costs, significant energy and maintenance requirements, and the inherent complexity of the systems. Nevertheless, despite these challenges, soilless agriculture represents a significant opportunity for sustainable food production in the context of a growing global population and evolving environmental conditions. This study focuses on the selection of land, the legal processes involved, location analyses, the stages of installing glass greenhouses and the financing model within the scope of the Soilless Agriculture Project, which was carried out in the province of Uşak. Furthermore, a SWOT analysis was conducted for the project, and the most suitable location was determined. The study emphasises the importance of feasibility studies in real estate development projects and includes an effort to demonstrate the necessity of such analyses in the planning stages of agricultural projects.

Keywords: Soilless Agriculture, Hydroponics, SWOT Analysis, Feasibility Study, Sustainable Agriculture

1. INTRODUCTION

In the face of population growth and changing climatic conditions, the agricultural sector must now focus on more efficient and sustainable solutions. Greenhouses for soilless agriculture have become an important area where modern agricultural techniques are applied that go beyond traditional farming methods. This study focuses on the development of soilless greenhouses in Uşak province, which is one of the regions with high agricultural potential in Turkey. Uşak province stands out as an important center of agriculture due to its rich soil structure and suitable

climatic conditions. The aim of this study is to examine the soilless agriculture greenhouses applied in the region and to evaluate the potential contributions and advantages of this modern agricultural method to the agricultural sector of the region in detail. In this context, using Uşak province as an example, the analysis will help to understand how soilless agriculture can change regional agricultural practices (Khan, 2018.; Sambo, et.al., 2019).

Soilless agriculture is a farming method in which traditional land use is replaced by various growing media and modern agricultural techniques are used. These methods include various techniques in which the plant roots are cultivated in water, air, special culture media or nutrient solutions instead of soil. The main components of soilless agriculture are divided into five categories: Soilless farming, aeroponic farming, smart farming and aquaponic farming. (Lee and Lee, 2015; Maucieri, et.al., 2019; Son, et.al., 2020; Resh, 2022).

2. SOILLESS STRAWBERRY CULTIVATION IN TURKEY

Turkey has considerable potential for strawberry cultivation due to its diverse climate and soil characteristics, with intensive cultivation taking place mainly in the Mediterranean region (177,971 tons), followed by the Aegean (90,227 tons), and the Marmara region (63,466 tons) (Anonymous, 2015). At the provincial level, strawberry production is highest in the provinces of Mersin (Anamur, Silifke), Antalya (Gazipaşa, Serik), and Aydın (Sultanhisar, Koeşk). While the protected cultivation system is widely used in strawberry cultivation in our country, soilless cultivation techniques have not yet become established to the desired extent (Morillo et.al., 2015; Oğuz et.al., 2022).

a- Region Where the Project Will Be Implemented

Uşak is a province in the Aegean region of Turkey. The geographical location of the province has been influenced by various cultures throughout history, resulting in a rich historical heritage. Here is an introduction to the geography of Uşak:

Location:Uşak is located in the northwest of the Aegean region. It borders Manisa to the north, Afyonkarahisar to the east, Denizli to the south and Kutahya to the west.

Area: The total area of Uşak is approximately 5,341 km².

Climate: The region has a Mediterranean climate with hot and dry summers and mild winters. The effects of a continental climate are also generally felt in the province.

Geographical features: Most of the province consists of mountainous and rugged terrain. The most important mountain systems within the province's borders are the Murat Mountains and the Bozdağlar. The Uşak Çayı (Uşak River) is one of the most important rivers in the province (Uğur, 2019; Doğanay, 2015).

3. MATERIAL AND METHODS

a- Land Selection For Soiless Strawberry Greenhouse

Issues to be considered when choosing land for a greenhouse (Table 1) (Mercan and Sezgin, 2023):

Table 1. Considerations for Land Selection

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Here are the key considerations when selecting land for a greenhouse	
• Is the land location suitable? (Light transmission is the most important factor for greenhouses.)	• Are there any objects on the land that will cause shading?
• Is the slope of the land suitable?	• Will additional land leveling or excavation be required?
• Is there a road access to the land?	• Is the land suitable for drilling or water well installation?
• Is the land suitable for constructing an irrigation pond?	• Is the area a restricted zone? (Greenhouses cannot be established in restricted zones with agency support.)
• Is the land classified as irrigation land by the State Hydraulic Works (DSI)?	• Preliminary site assessment of the land must be conducted. (Attention must be given to factors such as groundwater sources, rockiness, landslide risks, etc.)
• Are there any issues with purchasing or renting the land? (Issues such as numerous heirs, mortgages, or encumbrances must be investigated.)	• Are the local climate conditions suitable?
• Are preventive measures being taken to address hazardous biological factors (plants, animals, animal-originated materials, organic dust, waste, etc.) in the working environment?	

b-Location Analysis

In real estate development projects, the evaluation of the site analysis of different alternatives in the working area is crucial for the selection of the most advantageous project. This study focuses on three different alternatives.

3.1. Alternative 1

The project is located in the Aegean region, in the province of Uşak. In Hasan village, Banaz district, Uşak province, a 7600 m² soilless strawberry greenhouse will be constructed on the 149th plot and incentives will be provided. The working area is located in the east of Uşak province and is 70 km away from the city center. There are no traffic problems in the working area. The project area has the climatic characteristics of Uşak province, with hot and dry summers and cold, rainy winters. The project area is a field with a total area of 32,855.55 m². The village to which the project area belongs has no problems with telephone, electricity or water supply. The economy of the village depends entirely on agriculture and livestock farming. The district belonging to the project area covers a large and productive plain, the Banaz plain, which is not only densely forested but also serves as an agricultural production area. Another notable feature of the district is the presence of hot springs such as Evrendede, Çatalçam and Hamamboğazı, which serve as accommodation, relaxation and health centers (Figure 1).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Figure 1. Location of the Working Area and Satellite Image

3.2. Alternative 2

The project is located in Uşak, in the Aegean region of Turkey. It is being built in the village of Yayalar in the district of Sivaslı, which belongs to the province of Uşak, on plot 438. The working area is located in the southeast of Uşak province, 40 km from the city center and 12 km from Sivaslı district. There are no traffic problems in the working area. The project area has the climatic characteristics of Uşak province: hot and dry summers and cold and rainy winters. The project area is a field with a total area of 8,600.00 m². The village of Yayalar, to which the project area belongs, lives from farming, trade, weaving and seasonal work, among other things. However, agriculture is the main source of income. Although it is no longer practiced as intensively as in previous years, both large and small livestock are kept in the village. The village has a water supply and a sewage system (Figure 2).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Figure 2. Location of the Working Area and Satellite Image

3.3. Alternative 3

The project involves the construction of a soilless strawberry greenhouse in Kızılcasoeğuet/Cumhuriyet Beldesi, 118 Ada, 101 Parsel, in the Banaz district of Uşak province in the Aegean region of Turkey. The working area is located east of Uşak city center of Uşak and is 26 km away from the city. There are no problems with the accessibility of the working area. The project area reflects the climatic conditions of Uşak province, with hot and dry summers and cold and rainy winters. The project area covers an area of 30,061.94 m², which is designated as agricultural land. The village's economy is based on agriculture and livestock farming. There are no problems with telephone, electricity or water supply in the village where the project area is located (Figure 3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Figure 3. Location of the Working Area and Satellite Image

4. SWOT ANALYSIS

SWOT analysis, which was initially used for business management purposes in the 1970s, has established itself as an analysis and planning tool in various areas in the years since. SWOT stands for Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats, which corresponds to the initial letters of these terms. This method is based on the principle of analyzing and evaluating existing structures by examining four parameters, whereby both quantitative and qualitative analyzes are carried out. The SWOT analysis is a strategic management tool that includes an assessment of the internal and external situation and greatly facilitates the understanding of the situation and perspectives from the management's point of view. In other words, SWOT analysis is used to obtain basic information for planning (URL 4; Newton, 2013; Karapınar, 2017). In the study area, SWOT analysis was conducted to examine the feasibility of such a project and to determine which area is suitable (Table 2).

Table 2. Swot Analysıs of Selected Alternatıve Three Land Sample

Alternative 1	
Strengths	**Weaknesses**
The slope of the project site is one of the most suitable places for the function of the project.	It is located in the agricultural area.
There are no natural structures and facilities that prevent sunbathing.	The plot requires an association process.
The duration of sunbathing is quite high.	The bureaucratic process takes a long time.
There is no transportation problem.	High initial investment costs for the project plant
It is not located in the mining zone. The hot water from the Hamamboğazı thermal facilities located near the project area can be used in thermal glass greenhouses.	Occurrence of force majeure (excessive rain, snow, etc.)

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Opportunities	**Threats**
High Productivity and Fast Growth	High Initial Costs
Water Saving	Energy Consumption
Seasonal Independence	Business Complexity
Disease and Pest Control	Technical Information Requirement
Area Restriction	

Alternative 2	
Strengths	**Weaknesses**
The slope of the project site is one of the places suitable for the function of the project.	High initial investment costs for the project plant.
There are no natural structures and facilities that prevent sunbathing.	Inexperience of staff in maintenance and repair work.
The duration of sunbathing is quite high.	Lengthy bureaucratic process.
There is no transportation problem.	Location in an agricultural area.
It is not located in the mining zone.	Force majeure (excessive rainfall, snow, etc.).
Opportunities	**Threats**
High Productivity and Fast Growth	High Initial Costs
Water Saving	Energy Consumption
Seasonal Independence Disease and Pest Control	Business Complexity Technical Information Requirement
Area Restriction	

Alternative 3	
Strengths	**Weaknesses**
The slope of the project site is one of the places suitable for the function of the project.	High initial investment costs for the project plant.
There are no natural structures and facilities that prevent sunbathing.	Inexperience of staff in maintenance and repair work.
The time spent in the sun is quite high.	The bureaucratic process is lengthy.
There is no transportation problem.	The location in an agricultural area.
It is not located in the mining zone.	Force majeure (excessive rainfall, snow, etc.).
Opportunities	**Threats**
High Productivity and Fast Growth	High Initial Costs
Water Saving	Energy Consumption
Seasonal Independence	Business Complexity
Disease and Pest Control	Technical Information Requirement
Area Restriction	

As a result of the SWOT analysis, it was decided that the most suitable location for the project area is the 32,855.55 m² area on Block 149, Plot 139 in Hasan Village, Block 149, Plot 139 in Banaz District of Uşak Province, referred to as Alternative 1, since the hot water to be supplied by the Hamamboğazı thermal plants near the project area has a great advantage such as the possibility of being used in thermo-glass greenhouses (Table 3).

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Table 3. Greenhouse Buıldıng Desıgn Features

Greenhouse Building Design Features	
Type of growing product : Greenhouse for strawberries	Number of Tunnels : 10 Ad.
Cultivation System : Soilless agriculture	Max. Tunnel Length : 105 mt.
Roof Covering System : Polyethylene plastic	Height Under Groove : 5.5 mt.
Forehead and Side Cladding : Polycarbonate coating	Greenhouse Height : 8.15 mt.
Electric Current : 380 3f 50 Hz.	Max. Wind Load : 120 km/h
Standard : EN-13031-1	Max. plant load : 35 kg/m2
Greenhouse Area (Strawberry) : 8.000 m²	Δt : 24 C°
Total Area : 8.000 m²	

Soilless is an agricultural method that is used in glass greenhouses in particular. Glass greenhouses allow plants to create a warmer climate and be protected from external influences by keeping the growing environment under control. The technical features of soilless agriculture in glass greenhouses are explained below:

5. OPERATING COST PRICING

For the project of a modern greenhouse for soilless agriculture, the average cost for approx. 8000 m² in 2018 was TL 1,500,000. Looking at the construction cost index and the rate of change, the costs have increased about tenfold between 2018 and 2023. According to this calculation, the cost of the modern greenhouse project for soilless agriculture is estimated at 15,000,000 TL.

For example, if we examine the annual market prices in Izmir, we see that the average monthly selling price is 50 TL/kg. Let us assume that the selling price for our project is at least 50.00 TL/kg. For 1 acre, i.e. 1000 m², 12,000–24,000 plants can be planted. Let us assume an average of 20,000 seedlings. With a cultivation area of 8 hectares, that would be 8 x 20,000 = 160,000 seedlings, with an annual yield of 0.60 kg per seedling and an average selling price of 50.00 TL/kg: 160,000 x 0.60 x 50.00 = 4,800,000 TL.

A greenhouse project for soilless agriculture is implemented on an area of 8,000 m² in Hasan village, Banaz district, which is 70 km away from Uşak city. 15.000,000 TL / 4,800,000 TL = 3.1 (years) It is expected that this investment in Uşak will be amortized in about 3 to 4 years with well-designed systems.

RESULTS AND DISCUSSION

Investors who have the means and can raise additional funds naturally seek to invest their funds in low-risk, high-return investment areas. It is therefore essential to carry out a 'real estate development" study before making a decision on the planned capital investment. Preliminary studies include all economic and technical work related to a project before an investor makes his final decision on an investment. Once the preliminary studies have been positively evaluated by the investor, the detailed work, i.e. the real estate development, is initiated.

As an example of a real estate development study for soilless agriculture, a preliminary feasibility study was conducted for the selected investment site in Hasan Köy, Banaz district,

which is 70 km away from Uşak, to establish a greenhouse project for soilless agriculture on an area of 8,000 m². It is expected that this investment in the Uşak region will pay for itself in approximately 3 to 4 years if the systems are properly designed. Taking into account the risk factors, this plant is expected to generate profits for at least 20 years with an economic life of approximately 25 years, as calculated.

During project development, the analyzes performed help to eliminate the increasing complexity of real estate projects. Potential problems can be identified, solutions sought or alternative projects developed before the project begins. Approaches for efficient use can be formulated and implemented. Particularly in the case of large and cost-intensive projects, real estate development of this kind is of crucial importance in terms of ensuring sustainability and is an indispensable process.

REFERENCE

Doğanay, H., & Deniz, M. (2015). Ulaşım sistemleri ve Uşak. *Doğu Coğrafya Dergisi, 19*(32), 1-26.

Khan, F. A. (2018). A review on soilless greenhouse cultivation for sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences, 2*(2), 59-66.

Lee, S., & Lee, J. (2015). Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. *Scientia Horticulturae, 195*, 206-215.

Maucieri, C., Nicoletto, C., Van Os, E., Anseeuw, D., Van Havermaet, R., & Junge, R. (2019). Hydroponic technologies. *Aquaponics food production systems, 10*, 978-3.

Mercan, Y., & Sezgin, F. (2023). The use of multi-criteria decision analysis (MCDA) and geographic information system (GIS) in selection of greenhouse site location: The case of Aydın region in Türkiye. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20*(1), 149-158.

Morillo, J. G., Martín, M., Camacho, E., Díaz, J. R., & Montesinos, P. (2015). Toward precision irrigation for intensive strawberry cultivation. *Agricultural Water Management, 151*, 43-51.

Oğuz, İ., Oğuz, H. İ., & Kafkas, N. E. (2022). Strawberry cultivation techniques. In *Strawberries*. IntechOpen.

Resh, H. M. (2022). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press.

Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., ... & Cesco, S. (2019). Hydroponic solutions for soilless production systems: Issues and opportunities in a smart agriculture perspective. *Frontiers in Plant Science, 10*, 923.

Son, J. E., Kim, H. J., & Ahn, T. I. (2020). Hydroponic systems. In *Plant factory* (pp. 273-283). Academic Press.

Uğur, U. (2019). Uşak ili'nin destinasyon markalaşma analizi ve strateji önerileri. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 3*(4), 1178-1193.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇEVRE NEMİNİN YAKIT-HAVA ISITMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON TESİSLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ

Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN
Kocaeli Üniv. Gölcük MYO
arzu.keven@kocaeli.edu.tr - ORCID: 0000-0003-0040-9167
Doç.Dr. Rabi KARAALİ
Bayburt Üniv.Müh.Fak. Mak.Müh.
rabikar@gmail.com - ORCID: 0000-0002-2193-3411

ÖZET

Isı ve elektriği aynı anda ve aynı tesiste üreten kojenerasyon tesisleri gaz ve sıvı yakıtları da verimli bir şekilde ısı ve elektriğe çevirmekte olup, ayrıca başka birçok avantajları da fazladır. Mikro-makro ölçeklerde her yerde talep görmekte ve kurulmaktadır. Yakıt ve havanın egzoz gazlarının ısısı ile reküperatörler vasıtasıyla ısıtıldığı gaz türbinli kojenerasyon tesisinde çevre havasındaki nemin, önemli termo-ekonomik performanslardan olan maliyet ağırlıklı kullanım faktörü, üretilen elektriğin birim fiyatı, buhardan elde edilen gelirin toplamdaki gideri karşılama oranı gibi performanslara olan etkisi enerji, ekserji ve ekonomik analizleri çalışılmış ve incelenmiştir. Ayrıntılı bir analiz için FORTRAN dilinde yapılmış bir bilgisayar programı yazarlarca yapılmıştır. Çevre nemi artıkça daha az buhar üretilebildiği için buhar gelirinin toplam gideri karşılama oranı azalmakta, ancak elektriğin maliyeti artmaktadır. Fakat Z faktörü olarak tanımlanan kayıp ekserjilerin faydalı ekserjilere oranının düşmekte olduğu ve elektrik veriminin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon, Termoekonomi, Performans, Maliyet.

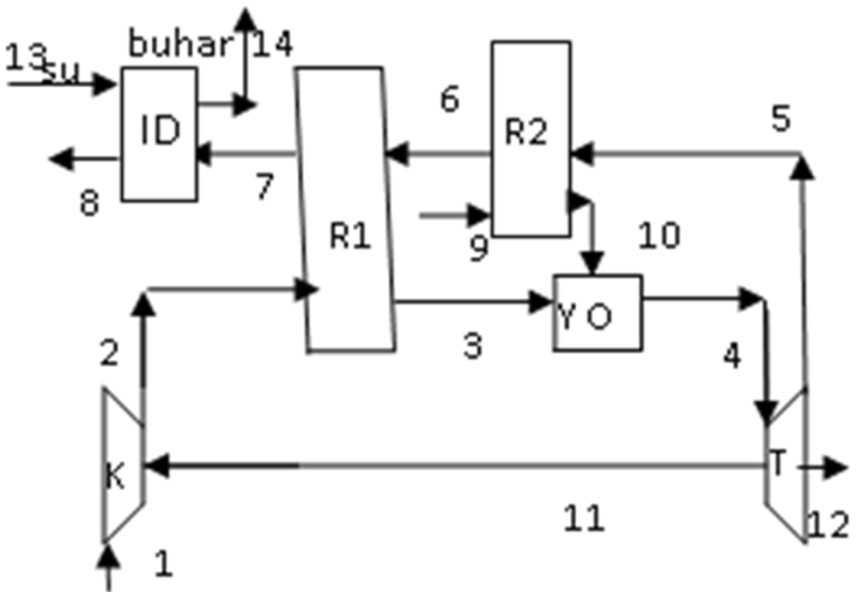
1. GİRİŞ

Isı ve elektriği aynı anda ve aynı tesiste üreten kojenerasyon tesisleri gaz ve sıvı yakıtları da verimli bir şekilde ısı ve elektriğe çevirmekte olup, ayrıca başka birçok avantajları da fazladır. Mikro-makro ölçeklerde her yerde talep görmekte ve kurulmaktadır. Kojenerasyon çevrimleri atık ısı geri kazanım aygıtı ile ısı yani kızgın buhar ya da sıcak su üretmekte bunu da gaz türbininden gelen 650-950 ^{0}C sıcaklıktaki egzoz gazlarının ısı enerjisini kullanarak yapmaktadır. Kompresör, gaz türbini, reküperatörler, elektrik jeneratörü, ısı değiştiricisi ve yanma odasından oluşan kojenerasyon tesisleri her yere ve her türlü sıvı-gaz yakıtla çalıştırılıp kurulabilecek çevrimlerdir. Termik santrallerin, büyük motorlu güç üretim sistemlerinin atık ısısından kızgın buhar veya sıcak su üretecek şekilde atık ısılarını değerlendirerek kojenerasyona çevirmek mümkündür. Bu sıcak su veya kızgın buhar yerel ya da bölgesel ısıtmada, proseslerde veya ısıl güç ihtiyacı olan sanayi kesimlerinde kullanılmaktadır. Bu ısıl güçten soğutma için absorbsiyonlu soğutma cihazlarında da faydalanmak müküdür.

Yakıt ve havanın egzoz gazlarının ısısı ile reküperatörler vasıtasıyla ısıtıldığı gaz türbinli kojenerasyon tesisinde çevre havasındaki nemin, önemli termo-ekonomik performanslardan olan maliyet ağırlıklı kullanım faktörü, üretilen elektriğin birim fiyatı, buhardan elde edilen gelirin toplamdaki gideri karşılama oranı gibi performanslara olan etkisi enerji, ekserji ve ekonomik analizleri çalışılmış ve incelenmiştir. Ayrıntılı bir analiz için FORTRAN dilinde yapılmış bir bilgisayar programı yazarlarca yapılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

Görsel 1'de şeması verildiği ve görüldüğü gibi çevre havası kompresöre alınıp yüksek basınçlara sıkışırılarak 1 nolu reküperatörde daha yüksek sıcaklıklara egzoz gazının ısısı ile ısıtılıp yanma odasına gönderilmektedir. 2 Nolu reküperatörde ısıtılan yakıt yine yüksek sıcaklıklara çıkarılarak yanma odasına gönderilmekte ve burada yüksek sıcaklık ve basınçtaki hava ile yakılmaktadır. Yanma odası malzemesinin izin verdiği ve hasar görmeyeceği 1500-1600 ^{0}C sıcaklıklara kadar çıkabilen egzoz gazları buradan mekanik enerji eldesi için gaz türbinine verilir. Burada genişlemeye tabi tutularak mekanik enerji elde edilir. Bu mekanik enerji bir elektrik jeneratörü vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Bir kısım ısısını reküperatör 1 ve 2'de bırakan egzoz gazları atık ısı geri kazanım cihazında kızgın buhar elde etmek üzere ısısının çoğunluğunu bırakır. Bacanın gelişmişlik durumuna göre yoğuşmadan zarar gören eski tip bacalardan 120-130 ^{0}C, yoğuşmadan zarar görmeyen yeni tip gelişmiş bacalardan 40-50 ^{0}C sıcaklıklarda atmosfere atılır.



Görsel 1. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin şeması.

Çizelge 1'de burada hesaplamalarda ve FORTRAN kodlarında kullanılan yakıt hava ısıtmalı çevrimin enerji, kütle ve entropi denklemleri gösterilmiştir. Çizelge 2'de de aynı tesisin ekserji, ve ekserji verimi denklemleri gösterilmiştir.

Çizelge 1. Yakıt hava ısıtmalı çevrimin enerji, kütle ve entropi denklemleri [1, 2, 3].

Aygıt	Kütle	Enerji	Entropi
Kompresör	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	$\dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_K = \dot{m}_2 h_2$	$\dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_1 s_2 + \dot{S}_{ür,K} = 0$
Reküperatör1	$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$ $\dot{m}_6 = \dot{m}_7$	$\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_6 h_6 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_7 h_7$	$\dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_7 s_7 + \dot{S}_{ür,R1} = 0$
Reküperatör2	$\dot{m}_5 = \dot{m}_6$ $\dot{m}_9 = \dot{m}_{10}$	$\dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_9 h_9 = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_{10} h_{10}$	$\dot{m}_5 s_5 + \dot{m}_9 s_9 - \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_{10} s_{10} + \dot{S}_{ür,R2} = 0$
Yanma Odası	$\dot{m}_3 + \dot{m}_{10} = \dot{m}_4$	$\dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_{10} h_{10} = \dot{m}_4 h_4 + 0.02 \dot{m}_{10} LHV$	$\dot{m}_3 s_3 + \dot{m}_{10} s_{10} - \dot{m}_4 s_4 + \dot{S}_{ür,YO} = 0$
Türbin	$\dot{m}_4 = \dot{m}_5$	$\dot{m}_4 h_4 = \dot{W}_T + \dot{W}_K + \dot{m}_5 h_5$	$\dot{m}_4 s_4 - \dot{m}_5 s_5 + \dot{S}_{ür,T} = 0$
HRSG	$\dot{m}_7 = \dot{m}_8$ $\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14}$	$\dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_{13} h_{13} = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_{14} h_{14}$	$\dot{m}_7 s_7 + \dot{m}_{13} s_{13} - \dot{m}_8 s_8 - \dot{m}_{14} s_{14} + \dot{S}_{ür,HRSG} = 0$
Tüm Çevrim	$\bar{h}_i = f(T_i)$ $\bar{s}_i = f(T_i, P_i)$ $\dot{m}_{hava} h_{hava} + \dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4} - \dot{Q}_{kayıp,YO} - \dot{m}_{eg.,ç} h_{eg.,ç} - \dot{W}_T - \dot{m}_{buhar}(h_{su,g} - h_{buhar,ç}) = 0$ $\dot{Q}_{kayıp,YO} = 0.02 \dot{m}_{yakıt} LHV_{CH4}$		

Çizelge 2. Yakıt hava ısıtmalı çevrimin ekserji, ve ekserji verimi denklemleri [1, 2, 3].

Aygıt	Ekserji	Ekserji verimi
Kompresör	$\dot{E}_{D,K} = \dot{E}_1 + \dot{W}_K - \dot{E}_2$	$\eta_{ex,K} = \frac{\dot{E}_{ç,K} - \dot{E}_{g,K}}{\dot{W}_K}$
Reküperatör1	$\dot{E}_{D,R1} = \dot{E}_2 + \dot{E}_6 - \dot{E}_3 - \dot{E}_7$	$\eta_{ex,R1} = \frac{\dot{E}_{ç,hava,R1} - \dot{E}_{g,hava,R1}}{\dot{E}_{ç,egz,R1} - \dot{E}_{g,egz,R1}}$
Reküperatör2	$\dot{E}_{D,R2} = \dot{E}_5 + \dot{E}_9 - \dot{E}_6 - \dot{E}_{10}$	$\eta_{ex,R2} = \frac{\dot{E}_{ç,hava,R2} - \dot{E}_{g,hava,R2}}{\dot{E}_{ç,egz,R2} - \dot{E}_{g,egz,R2}}$
Yanma Odası	$\dot{E}_{D,YO} = \dot{E}_3 + \dot{E}_{10} - \dot{E}_4$	$\eta_{ex,YO} = \frac{\dot{E}_{ç,YO}}{\dot{E}_{g,YO} + \dot{E}_{yakıt}}$
Türbin	$\dot{E}_{D,T} = \dot{E}_4 - \dot{E}_5 - \dot{W}_K - \dot{W}_T$	$\eta_{ex,T} = \frac{\dot{W}_{net,T} + \dot{W}_K}{\dot{E}_{g,T} - \dot{E}_{ç,T}}$
HRSG	$\dot{E}_{D,HRSG} = \dot{E}_7 - \dot{E}_8 + \dot{E}_{13} - \dot{E}$	$\eta_{ex,HRSG} = \frac{\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG}}{\dot{E}_{g,egz,HRSG} - \dot{E}_{oç,egz,HRSG}}$
Tüm Çevrim	Ekserji Verimi	$\dot{E} = \dot{E}_{fiz} + \dot{E}_{kim}$ $\dot{E}_{fiz} = \dot{m}(h - h_0 - T_0(s - s_0))$ $\dot{E}_{kim} = \frac{\dot{m}}{M}\{\sum x_k \bar{e}_k^{kim} + \bar{R} T_0 \sum x_k ln$ $\eta_{ex} = \frac{\dot{W}_{net,T} + (\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRS}}{\dot{E}_{yakıt}}$

Analizi yapılmış olan tesis [1] nolu literatür kaynağından alınmış olup buna yakıt reküperatörü eklenmiştir. Tesisin yakıt reküperatörsüz olan detaylı termo-ekonomik analizi bu kaynaktan incelenebilir. Termoekonomik metotta kullanılmış temel ve önemli denklemlerin bir kısmı şöyledir;

Kojenerasyon tesisinde maliyetler;

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$\dot{C}_T = \dot{Z}_K + \dot{Z}_{YO} + \dot{Z}_T + \dot{Z}_{AIGK} + c_Y \dot{E}_Y - c_{el}\dot{W} - c_Q \dot{E}_Q$$

İlk 4 terim yatırımla alakalıdır [1]. Maliyet hesaplarını her firma kendine göre yapar. Buradaki hesaplamalarda gereksinim duyulan gelir yöntemi kullanıldı. Bu da kaynaklardan alınmıştır ve ayrıntıları incelenebilir [1]. Gereksinim duyulan gelir metotlarında temel ürünlerin maliyetleri 4 aşamada hesaplanmaktadır. Burada 4 aşama, toplam yatırım, ekonomi, finans ve pazar girdileri parametreleri, gerekli olan toplam gelir ve ürün maliyetinin günlük değerleriyle hesaplarıdır. Toplam kurulumlar ve ekipmanlar için maliyet

$$C_{top.ekip.} = C_{ekip.} + C_{kurul.} + C_{boru.} + C_{olc.kon.} + C_{elek.mal.}$$

Maliyetlerin dengeleri ile sürekli çalışma durumları ve tesisin tümü için, $C_{üründop}$ tesis ürünleri maliyetleridir. C_{yaktop} yakıt maliyetleri, Z_{top}^{YM} yatırımlar maliyetleri, Z_{top}^{TB} tamirlerin ve bakımların maliyetleri;

$$C_{ürüntop.} = C_{yak.top.} + Z_{top.}^{YM} + Z_{top.}^{TB} = C_{yak.top.} + Z$$

$Z_{top.}^{YM}$ ve $Z_{top.}^{TB}$ senelik kıymetlerin senede çalışılmış saat ya da saniye sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır [1].

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Görsel 2'de yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği elektriğin birim kiloWatt-saat maliyetinin havadaki mutlak nem ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının mutlak neminin artması elektrik maliyetini yükseltmektedir. Havadaki nemin artması ile üretilen elektrik enerjisi gücü artmakta ancak üretilen buhar değeri azaldığından elde edilen gelir de düşmektedir. Bu gelirin düşmesi yüzünden elektrik maliyetleri yükselmektedir.

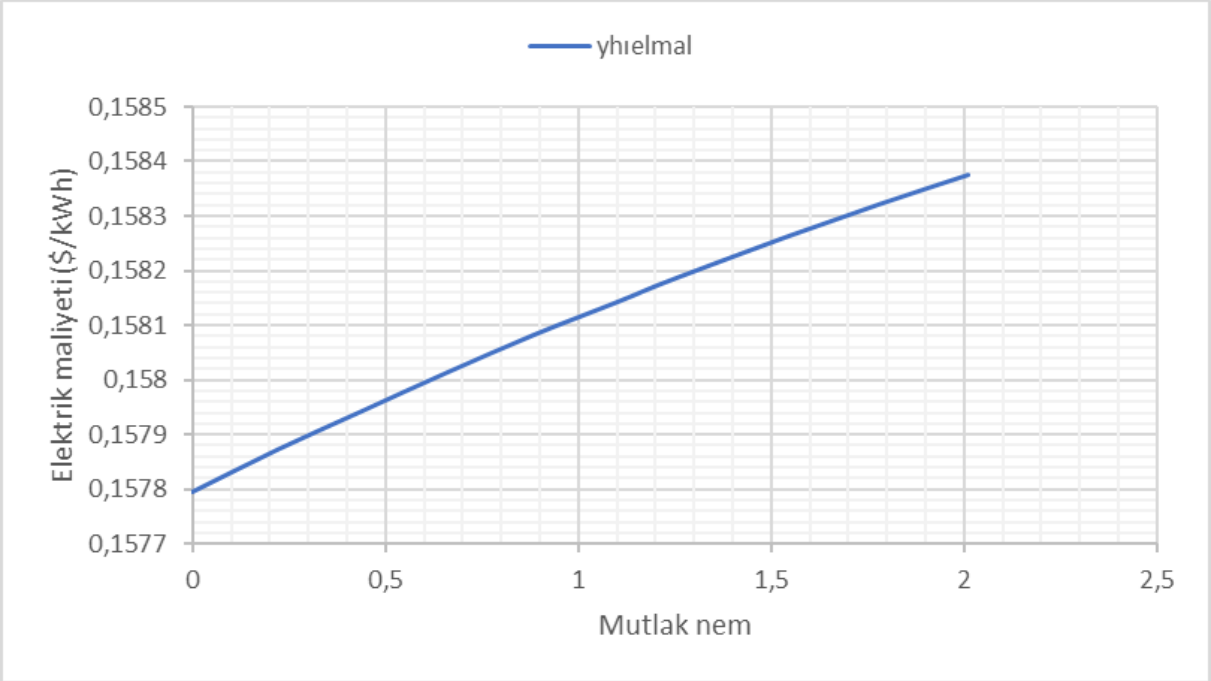
Görsel 3'te yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği buhardan elde edilen gelirin toplam gideri karşılama oranının havadaki mutlak nem ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının mutlak neminin artması üretilen buhar değerleri ve gelirini azaltmaktadır.

Görsel 4. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin kayıp ekserjisinin faydalı ekserjiye oranının (Z faktörü) havadaki mutlak nem ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının mutlak neminin artması yıkıma uğrayan ekserjinin azalması yani ekserji veriminin artması anlamına gelmektedir. Elektrik enerjisinin ekserjisi yüzde yüze yakın olduğundan ve üretilen buharın ekserjisi sıcaklığına bağlı olarak yüzde yirmi ile kırk arasında olduğundan elektrik üretiminin artması ile tesisin ekserji verimi yükselmektedir.

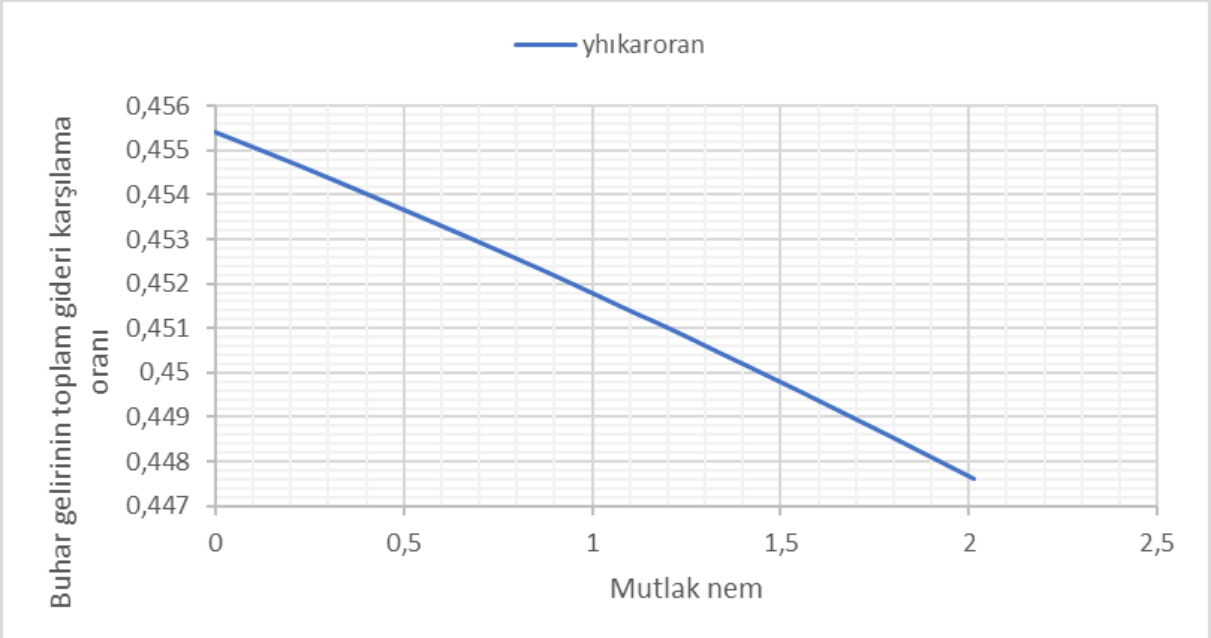
Görsel 5'te yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF faktörü) havadaki mutlak nem ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının mutlak neminin artması ile yükselmektedir. Daha az buhar üretimi ve dolayısıyla daha az buhar geliri yüzünden bu değer artmaktadır.

Görsel 6'da yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin MAKF denge faktörü Neq değerleri ile havadaki mutlak nem ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının mutlak neminin artması ile Neq değerleri yükselmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

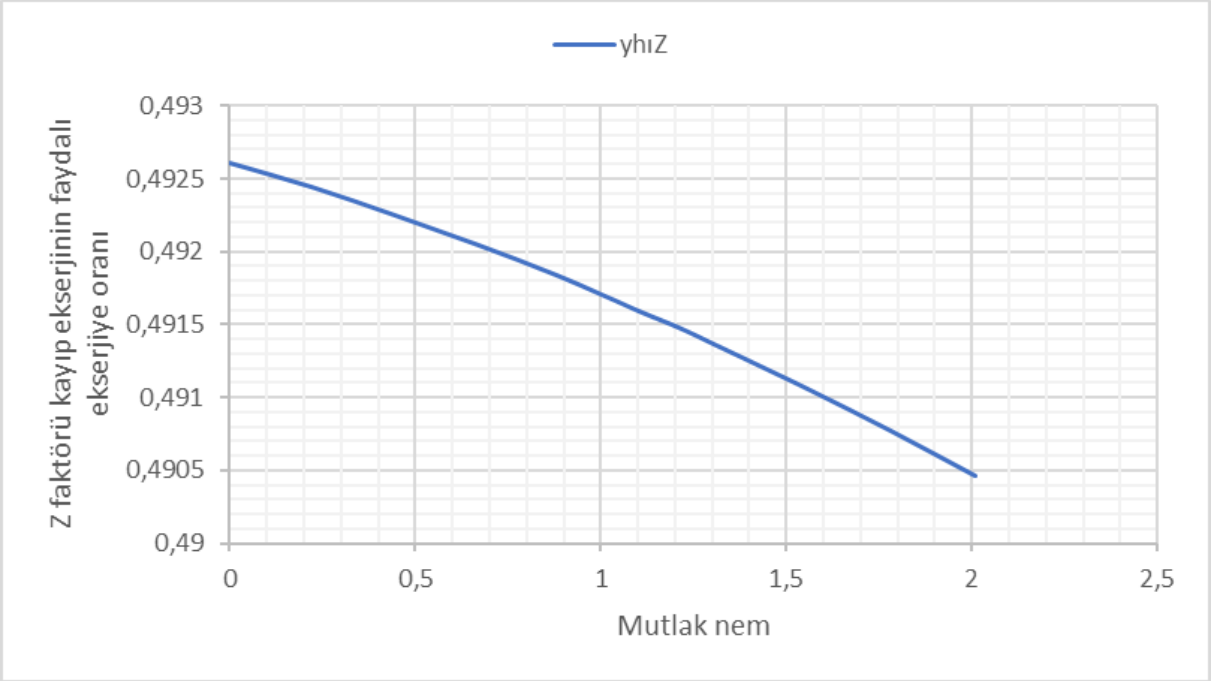


Görsel 2. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği elektriğin birim kiloWatt-saat maliyetinin havadaki mutlak nem ile değişimleri.

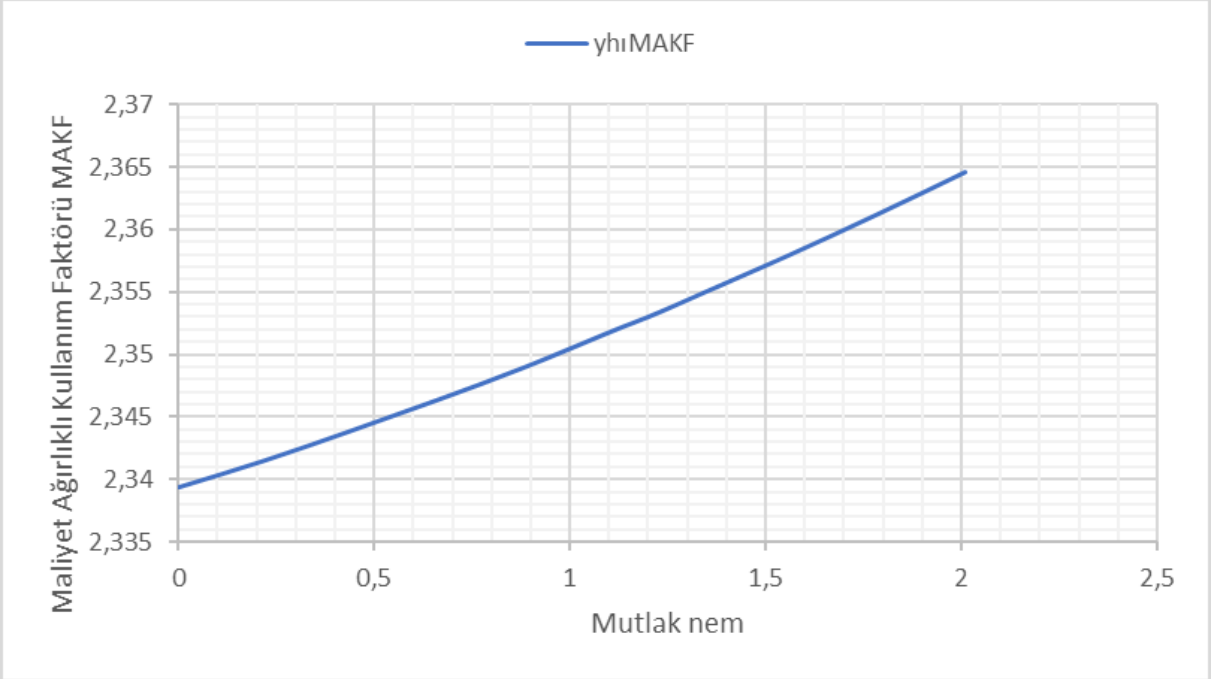


Görsel 3. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği buhardan elde edilen gelirin toplam gideri karşılama oranının havadaki mutlak nem ile değişimleri.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

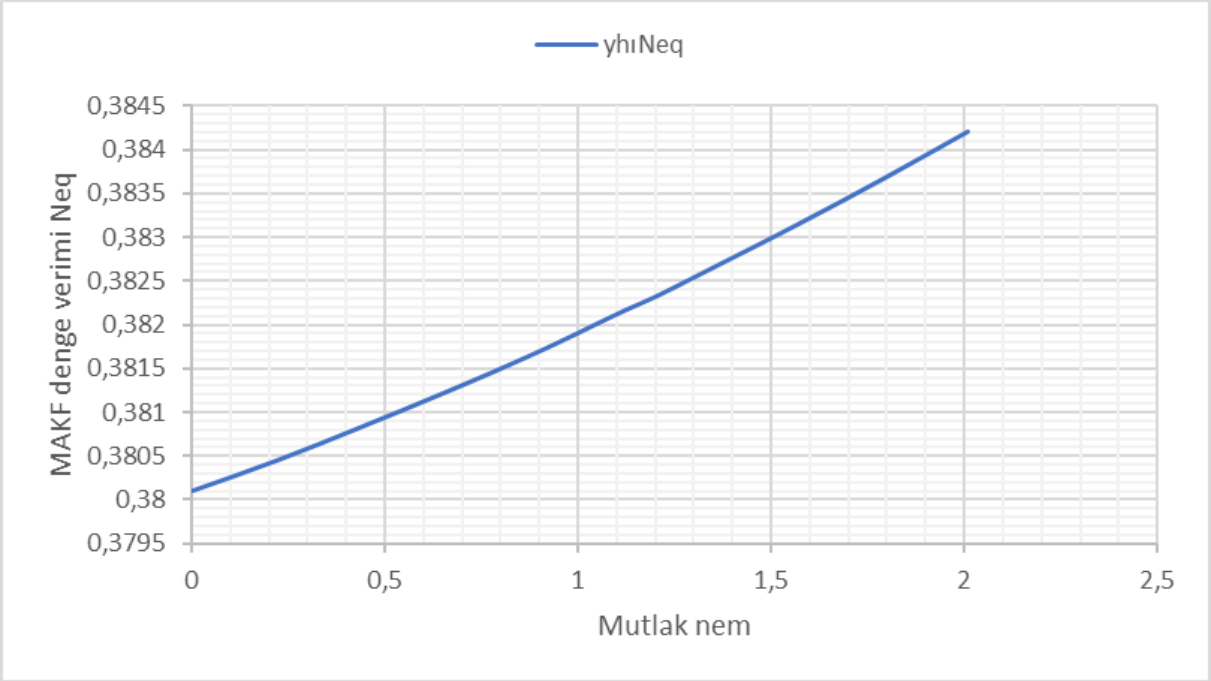


Görsel 4. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin kayıp ekserjisinin faydalı ekserjiye oranının (Z faktörü) havadaki mutlak nem ile değişimleri.



Görsel 5. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörü (MAKF faktörü) havadaki mutlak nem ile değişimleri.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin MAKF denge faktörü Neq değerleri ile havadaki mutlak nem ile değişimleri.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çevrenin nemi yükseldiğinde daha az buhar miktarı üretildiğinden buhardan elde edilmekte olan gelirin toplam giderleri karşılama oranı düşmekte, fakat elektriğin maliyetleri yükselmektedir. Z faktörleri şeklinde isimlendirilen kayıp ekserjilerinin faydalı ekserjilere olan oranlarının azalmakta olduğu ile buna bağlı olarak ta elektrik verimlerinin yükseldiği saptanmıştır.

KAYNAKÇA

1. Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). Thermal design and optimization. Danvers, Massachusetts: Wiley Pub.
2. ASHRAE. (2002). Cogeneration systems and engine and turbine drives, ASHRAE systems and equipment handbook (SI), Chapter 7, American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers. ASHRAE. New York.
3. Karaali, R., Ozturk, I.T. (2017). Effects of ambient conditions on performance of gas turbine cogeneration cycles. J. of Thermal Science and Technology (Isı Bilimi ve Tekniği Der.), V:37 No. 1, p. 93-102.
4. Karaali, R., Ozturk, I.T. (2017) Efficiency improvement of gas turbine cogeneration systems. Tehnicki vjesnik-Technical Gazette, V: 24, Suppl.1, p:21-27. DOI:10.17559/TV20140509154652

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ÇEVRE SICAKLIĞININ YAKIT-HAVA ISITMALI GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON TESİSLERİNİN TERMOEKONOMİK PERFORMANSINA ETKİSİ

Öğr.Gör.Dr. Arzu KEVEN
Kocaeli Üniv. Gölcük MYO
arzu.keven@kocaeli.edu.tr - ORCID: 0000-0003-0040-9167
Doç.Dr. Rabi KARAALİ
Bayburt Üniv.Müh.Fak. Mak.Müh.
rabikar@gmail.com - ORCID: 0000-0002-2193-3411

ÖZET

Elektrik ve ısının aynı zamanda üreten kojenerasyon çevrimleri her türlü sıvı gaz gibi yakıtları verimli bir şekilde ısıya ve elektriğe çevirmekte, kompakt, çevreci, ekonomik ve kısa sürede kurulum gibi bunlardan başka birçok önemli avantajları vardır. Büyük ve küçük her türlü ölçeklerde talep, yaygınlık ve kurulumu görülmektedir. Kompresör çıkış havasının egzoz gazının ısısı ile bir reküperatörle, yakıtın da yanma odasına girmeden önce aynı yöntemle ısıtıldığı gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde çevre havasının sıcaklığının, başta elde edilen elektriğin $/kWh cinsinden birim fiyatları, üretilen buharın satışından elde edilecek gelirin tüm tesisin toplamındaki giderleri karşılama oranı, Z faktörü (kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı), maliyet ağırlıklı kullanım faktörü şeklindeki temel termo-ekonomik performanslara olan etkisi enerji, ekserji ve ekonomik analizleri yapılmış ve sunulmuştur. Bunların ayrıntılı analizleri için FORTRAN programlama dilinde yazarlarca yazılmış bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Çevre sıcaklığı artıkça elektriğin maliyetinde düşüş, daha çok buhar üretimi görülmekte ayrıca buhar gelirlerinin toplam giderleri karşılama oranları artmaktadır. Ancak Z faktörü denilen kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranı arttığı yani elektrik veriminin azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon, Termoekonomi, Performans, Maliyet.

1. GİRİŞ

Elektrik ve ısının aynı zamanda üreten kojenerasyon çevrimleri her türlü sıvı gaz gibi yakıtları verimli bir şekilde ısıya ve elektriğe çevirmekte, kompakt, çevreci, ekonomik ve kısa sürede kurulum gibi bunlardan başka birçok önemli avantajları vardır. Büyük ve küçük her türlü ölçeklerde talep, yaygınlık ve kurulumu görülmektedir.

Isı ile elektriğin aynı anda aynı tesis içinde üretmekte olan kojenerasyon tesisi her tür gaz ile her tür sıvı yakıtı da yüksek verimde ısı ile elektrik enerjisine çevirme avantajları yanında çok fazla başka avantajları da vardır. Her türlü makro-mikro ölçekler için sürekli piyasada ilgi ve alaka ile karşılanmakta ve kurulumları olmaktadır. Kojenerasyon tesisi, atık ısı geri kazanma cihazıyla kızgın buhar ile sıcak su üretilmekte bu üretimde gaz türbini çıkışından gelmekte olan

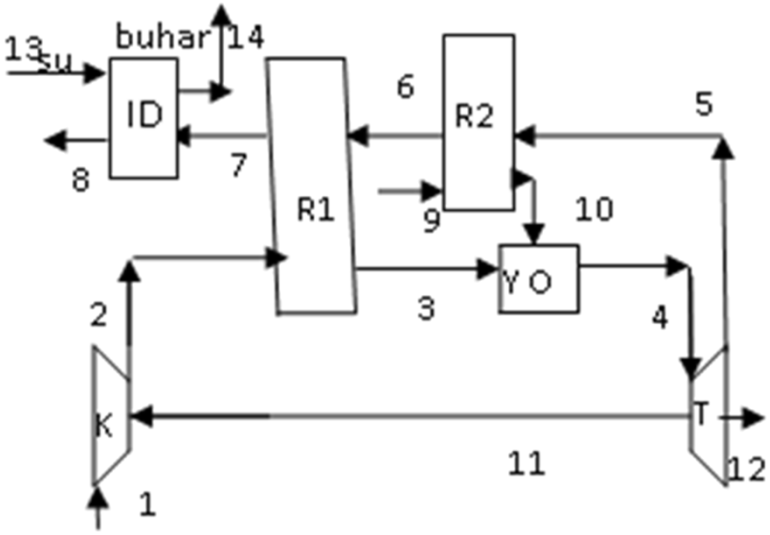
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

700-850 ^{0}C sıcaklıklardaki egzoz gazının ısısını kullanmaktadır. Reküperatörler, elektrik jeneratörü, kompresör, gaz türbini, ısı değiştiricisi ile yanma odasından meydana gelen kojenerasyon tesisi her yerde ve her tür sıvı ve gaz yakıtlar ile çalıştırılabilecek ve kurulumu yapılabilecek tesislerdir. Termik santraller, büyük ölçekte motoru olan elektrik üreten sistemlerden çıkan atık ısı ve sıcak egzoz gazlarından kızgın buhar ya da sıcak su üretilmesi için kojenerasyona dönüştürmek olanaklıdır. Böylece elde edilen sıcak su-kızgın buhar site veya bölge, şehir merkezi ısıtmasında, proses ya da ısıl güce mecbur olan endüstri tesislerinde kullanılabilmektedir. Bunlardan ısıl güçlerden soğutma elde etmek için absorpsiyonlu soğutma tesislerinde de kullanılabilmektedir.

Yakıtların ve havanın egzoz gazının ısılarıyla reküperatörler aracılığıyla ısıtılmakta olan gaz türbini kojenerasyon çevrimlerinde çevrenin havasının sıcaklığının, önemi yüksek olan termo-ekonomik performanslar olan maliyet ağırlıklı kullanım faktörü, Z faktörü, üretilen elektriğin birim fiyatı, Neq faktörü, buhardan elde edilen gelirin toplamdaki gideri karşılama oranı şeklindeki performansa olan etkileri enerji, ekserji ve ekonomik analizleri yapılmış, incelenmiş ve gösterilmiştir. Ayrıntılı analizi yapabilmek için FORTRAN bilgisayar dili ile yazılmış bir program yazarlar tarafından çalıştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

Görsel 1'de görülen ve şema ile gösterilen çevrenin havasını kompresöre alıp yüksek basınçlara sıkıştırıp 1 nolu reküperatörde daha yüksek sıcaklıklar için egzoz gazı ısısıyla ısıtıp yanma odası içine verilmektedir. 2 Nolu reküperatör içinde ısıtılmakta olan gaz ya da sıvı yakıtlar ısıtılıp yüksek sıcaklığa çıkarılıp yanma odası içine gönderilmekte ve yanma odası içinde yüksek sıcaklıklardaki ve basınçlardaki hava ile yakılıp sıcak egzoz gazları elde edilmektedir. Yanma odasının malzemesi dayanabildiği, zarar göremeyeceği 1400-1600 ^{0}C sıcaklığa yükselebilen egzoz gazı, mekanik enerjilerin meydana getirilebileceği gaz türbini içinde genişletilir.



Görsel 1. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinde şema.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Bu genişletilen egzoz gazından mekanik enerjiler elde edilmekte, mekanik enerji de bir elektrik jeneratörüyle elektrik enerji ve gücüne dönüştürülmektedir. Bir miktar ısıyı reküperatör 1 ve 2 ile yakıt ve havaya bırakan egzoz gazı atık ısı geri kazanım aygıtında sahip olduğu ısının çoğunu kızgın buhar için aktarır. Bacanın gelişmiş olma durumu ile alakalı olarak yoğuşmada zarar gören eski tipli bacadan 120-140 ^{0}C'de, yoğuşmalardan zarar görmeyen yeni tipteki geliştirilmiş bacalardan 40-60 ^{0}C sıcaklıklarında çevreye verilir.

Çizelge 1'de, yakıt hava ısıtmalı çevrimde enerji, kütle ve entropi denklemi, çizelge 2'de de, yakıt hava ısıtmalı çevrimde ekserji ve ekserji verimi denklemi gösterilmiştir.

Aşağıda analizi yapılmış olan tesis [1] nolu literatürden alınıp yakıt reküperatörü eklenme yolu ile yeni tesis elde edilmiştir. Çevrimi yakıt reküperatörsüz olan detaylı termo-ekonomik analiz [1] nolu literatürde verilmiştir. Termoekonomik metotta kullanılmış önemli eşitlikler gösterilmiştir. Kojenerasyon tesisinde maliyetler;

$$\dot{C}_T = \dot{Z}_K + \dot{Z}_{YO} + \dot{Z}_T + \dot{Z}_{AIGK} + c_Y \dot{E}_Y - c_{el}\dot{W} - c_Q \dot{E}_Q$$

Çizelge 1. Yakıt hava ısıtmalı çevrimin enerji, kütle ve entropi denklemleri [1, 2, 3].

Aygıt	Kütle	Enerji	Entropi
Kompresör	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	$\dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_K = \dot{m}_2 h_2$	$\dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_1 s_2 + \dot{S}_{ür,K} = 0$
Reküperatör1	$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$ $\dot{m}_6 = \dot{m}_7$	$\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_6 h_6 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_7 h_7$	$\dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_7 s_7 + \dot{S}_{ür,R1} = 0$
Reküperatör2	$\dot{m}_5 = \dot{m}_6$ $\dot{m}_9 = \dot{m}_{10}$	$\dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_9 h_9 = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_{10} h_{10}$	$\dot{m}_5 s_5 + \dot{m}_9 s_9 - \dot{m}_6 s_6 - \dot{m}_{10} s_{10} + \dot{S}_{ür,R2} = 0$
Yanma Odası	$\dot{m}_3 + \dot{m}_{10} = \dot{m}_4$	$\dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_{10} h_{10} = \dot{m}_4 h_4 + 0.02\dot{m}_{10} LHV$	$\dot{m}_3 s_3 + \dot{m}_{10} s_{10} - \dot{m}_4 s_4 + \dot{S}_{ür,YO} = 0$
Türbin	$\dot{m}_4 = \dot{m}_5$	$\dot{m}_4 h_4 = \dot{W}_T + \dot{W}_K + \dot{m}_5 h_5$	$\dot{m}_4 s_4 - \dot{m}_5 s_5 + \dot{S}_{ür,T} = 0$
HRSG	$\dot{m}_7 = \dot{m}_8$ $\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14}$	$\dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_{13} h_{13} = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_{14} h_{14}$	$\dot{m}_7 s_7 + \dot{m}_{13} s_{13} - \dot{m}_8 s_8 - \dot{m}_{14} s_{14} + \dot{S}_{ür,HRSG} = 0$
Tüm Çevrim	$\bar{h}_i = f(T_i)$ $\bar{s}_i = f(T_i, P_i)$ $\dot{m}_{hava}\, h_{hava} + \dot{m}_{yakıt}\, LHV_{CH4} - \dot{Q}_{kayıp,YO} - \dot{m}_{eg.ç} h_{eg.ç} - \dot{W}_T - \dot{m}_{buhar}\left(h_{su,g} - h_{buhar,ç}\right) = 0$ $\dot{Q}_{kayıp,YO} = 0.02\dot{m}_{yakıt}\, LHV_{CH4}$		

İlk 4 terimler yatırımlarla alakalıdır [1]. Maliyet hesaplarını şirketler kendilerine has metotlarla yapmaktadırlar. Bu çalışmada gereksinimi duyulan gelir miktarı metotları uygulanmıştır. Bu metot [1] nolu literatürden alınmış ayrıca detaylar ilgili literatürde bulunmaktadır. Gereksinimi duyulan gelirler metotunda ana ürün maliyetleri 4 aşamada hesaplanmaktadır. Burada 4 aşama, toplam yatırım maliyetleri, ekonomi, finans ile pazar girdi parametreleri, gerekli toplam gelir ile ürün maliyetlerinin günlük değerlerle hesaplarından oluşmaktadır. Toplam kurulumların ve cihazların maliyetleri

$$C_{top.ekip.} = C_{ekip.} + C_{kurul.} + C_{boru.} + C_{olc.kon.} + C_{elek.mal.}$$

Maliyetlerin dengesi ile sürekli çalışma durumunda ve tüm tesisler için, $C_{üründop}$ tesis ürün maliyetleridir. C_{yaktop} yakıtların maliyetleri olup, Z_{top}^{YM} yatırımların maliyetleri, Z_{top}^{TB} tamir ve bakımların maliyeti olmak üzere;

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

$$C_{\text{ürün}top.} = C_{yak.top.} + Z_{top.}{}^{YM} + Z_{top.}{}^{TB} = C_{yak.top.} + Z$$

$Z_{top.}{}^{YM}$ ve $Z_{top.}{}^{TB}$ yıllık değerlerin senelik çalışılmakta olan saatler toplamı veya saniyeler toplam değerlerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır [1].

Çizelge 2. Yakıt hava ısıtmalı çevrimin ekserji, ve ekserji verimi denklemleri [1, 2, 3].

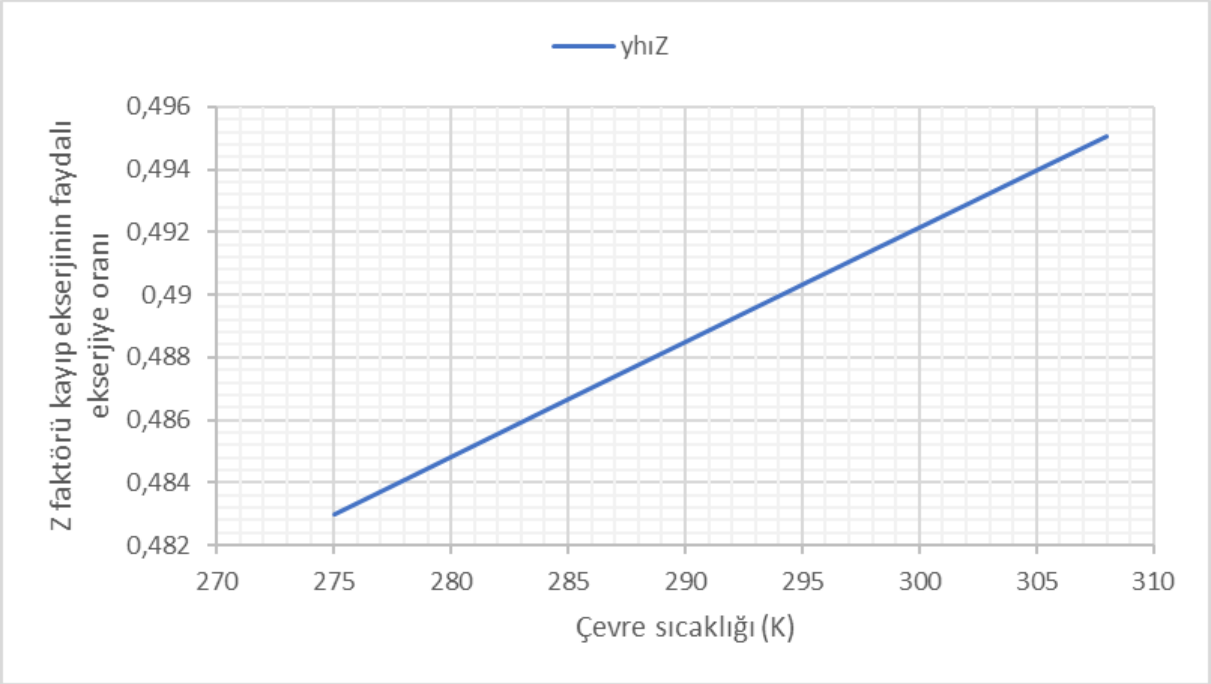
Aygıt	Ekserji	Ekserji verimi
Kompresör	$\dot{E}_{D,K} = \dot{E}_1 + \dot{W}_K - \dot{E}_2$	$\eta_{ex,K} = \frac{\dot{E}_{ç,K} - \dot{E}_{g,K}}{\dot{W}_K}$
Reküperatör1	$\dot{E}_{D,R1} = \dot{E}_2 + \dot{E}_6 - \dot{E}_3 - \dot{E}_7$	$\eta_{ex,R1} = \frac{\dot{E}_{ç,hava,R1} - \dot{E}_{g,hava,R1}}{\dot{E}_{ç,egz,R1} - \dot{E}_{g,egz,R1}}$
Reküperatör2	$\dot{E}_{D,R2} = \dot{E}_5 + \dot{E}_9 - \dot{E}_6 - \dot{E}_{10}$	$\eta_{ex,R2} = \frac{\dot{E}_{ç,hava,R2} - \dot{E}_{g,hava,R2}}{\dot{E}_{ç,egz,R2} - \dot{E}_{g,egz,R2}}$
Yanma Odası	$\dot{E}_{D,YO} = \dot{E}_3 + \dot{E}_{10} - \dot{E}_4$	$\eta_{ex,YO} = \frac{\dot{E}_{ç,YO}}{\dot{E}_{g,YO} + \dot{E}_{yakıt}}$
Türbin	$\dot{E}_{D,T} = \dot{E}_4 - \dot{E}_5 - \dot{W}_K - \dot{W}_T$	$\eta_{ex,T} = \frac{\dot{W}_{net,T} + \dot{W}_K}{\dot{E}_{g,T} - \dot{E}_{ç,T}}$
HRSG	$\dot{E}_{D,HRSG} = \dot{E}_7 - \dot{E}_8 + \dot{E}_{13} - \dot{E}_1$	$\eta_{ex,HRSG} = \frac{\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRSG}}{\dot{E}_{g,egz,HRSG} - \dot{E}_{oç,egz,HRSG}}$
Tüm Çevrim	Ekserji Verimi	$\dot{E} = \dot{E}_{fiz} + \dot{E}_{kim}$ $\dot{E}_{fiz} = \dot{m}(h - h_0 - T_0(s - s_0))$ $\dot{E}_{kim} = \frac{\dot{m}}{M}\{\sum x_k \bar{e}_k^{kim} + \bar{R}T_0 \sum x_k \ln$ $\eta_{ex} = \frac{\dot{W}_{net,T} + (\dot{E}_{buhar,HRSG} - \dot{E}_{su,HRS}}{\dot{E}_{yakıt}}$

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

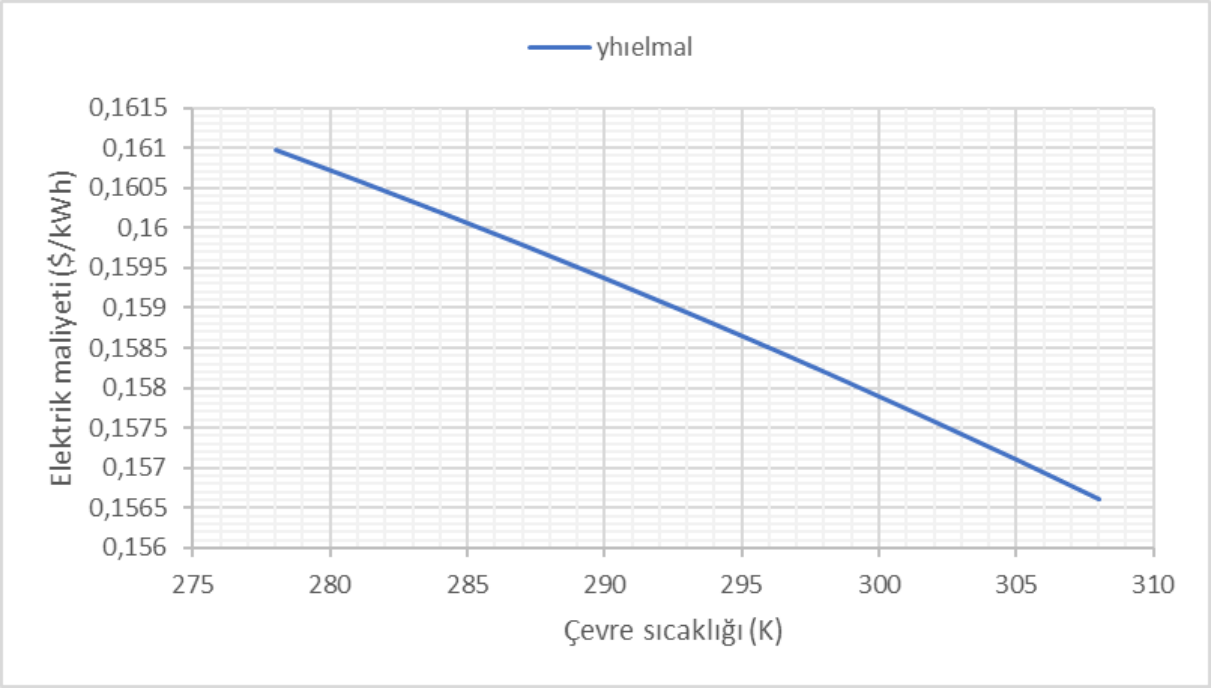
Görsel 2'de yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin kayıp ekserjisinin faydalı ekserjiye oranının (Z faktörü) çevrenin sıcaklığı ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının sıcaklığının artması yıkıma uğrayan ekserjinin artması yani ekserji veriminin azalması demektedir. Elektrik enerjisi ekserjisi yüzde yüz civarında ve üretilen buharın ekserjisi de sıcaklıklarına da bağlı olarak yüzde yirmiyle kırk beş arasında oldup elektrik üretiminin azalmasıyla ekserji verimi düşmektedir.

Görsel 3'de yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği elektriğin birim kiloWatt-saat maliyetinin çevrenin sıcaklığı ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının çevrenin sıcaklığının artması elektrik maliyetini azaltmaktadır. Havanın ya da çevrenin sıcaklığının artması ile üretilen elektrik enerjisi gücü azalmakta ancak üretilen buhar değeri arttığından elde edilen gelir de yükselmektedir. Burada gelirin artması ile elektrik maliyetleride düşmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 2. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin Z faktörü kayıp ekserjisinin faydalı ekserjisine oranının havanın sıcaklığı ile değişimleri.

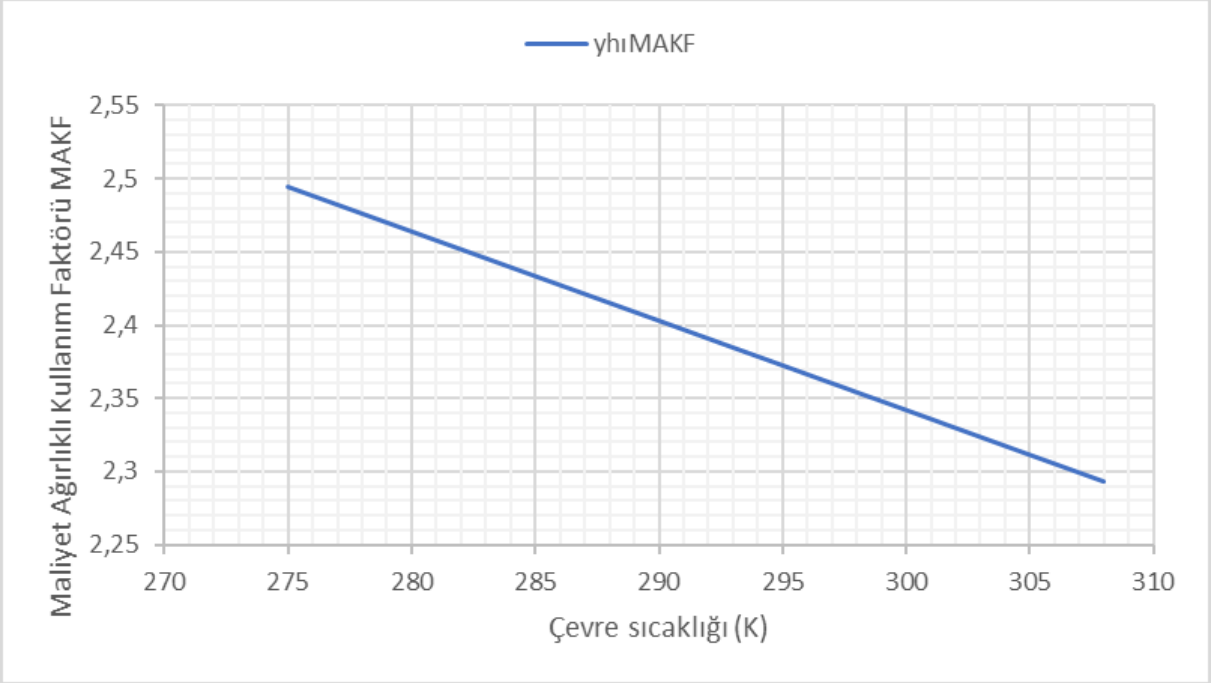


Görsel 3. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği elektriğin birim kiloWatt-saat maliyetinin havanın sıcaklığı ile değişimleri

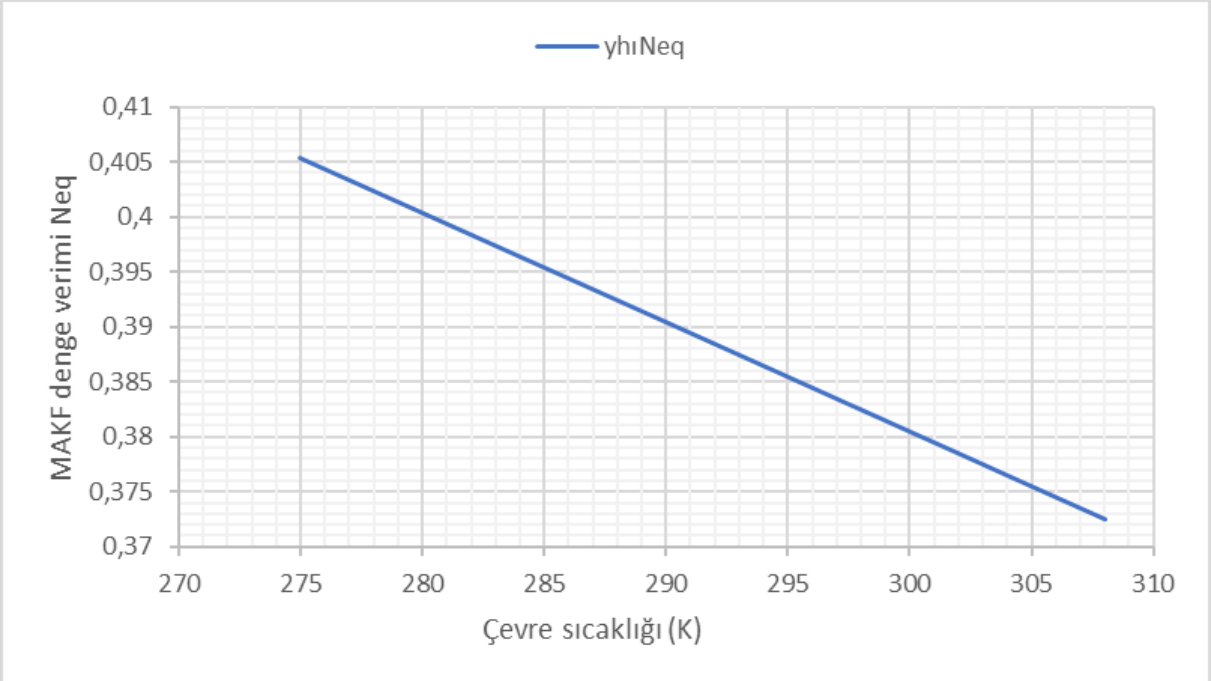
Görsel 4'te yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF faktörü) çevrenin sıcaklığı ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının ya da çevrenin sıcaklığı artması ile azalmaktadır. Daha çok buhar üretimi ile daha fazla buhar geliri sayesinde MAKF faktörü düşmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 5'te yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin MAKF denge faktörü Neq değerleri ile çevrenin sıcaklığı ile değişimleri gösterilmiş olup giriş havasının çevrenin sıcaklığı artması ile Neq değerleri düşmektedir.

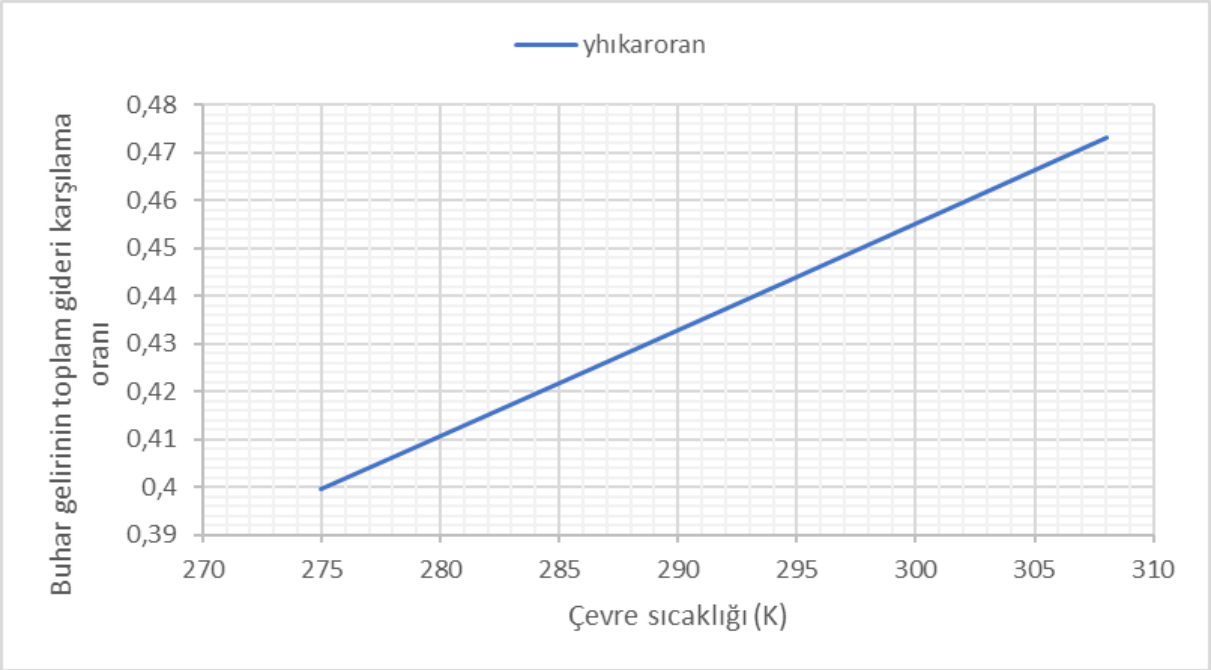


Görsel 4. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin maliyet ağırlıklı kullanım faktörünün (MAKF) havanın sıcaklığı ile değişimleri.



Görsel 5. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin MAKF denge veriminin (Neq) havanın sıcaklığı ile değişimleri.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2



Görsel 6. Yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği buhardan elde edilen gelirin toplam gideri karşılama oranının havanın sıcaklığı ile değişimleri.

Görsel 6'da yakıt hava ısıtmalı kojenerasyon tesisinin ürettiği buhardan elde edilen gelirin toplam gideri karşılama oranının çevrenin sıcaklığı ile değişimleri gösterilmiş olup çevrenin sıcaklığının artması üretilen buhar değerleri ve gelirini artırmaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çevre sıcaklığında artış elektriğin maliyetinde düşüşe sebep olmakta, daha çok buhar üretimine yol açmakta, buhar gelirlerinin de toplam giderleri karşılama oranını artırmaktadır. Fakat Z faktörü olarak ta isimlendirilen kayıp ekserjinin faydalı ekserjiye oranlarının arttığı yani elektrik veriminin azalmakta olduğu saptanmıştır.

KAYNAKÇA

1. Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). Thermal design and optimization. Danvers, Massachusetts: Wiley Pub.
2. ASHRAE. (2002). Cogeneration systems and engine and turbine drives, ASHRAE systems and equipment handbook (SI), Chapter 7, American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers. ASHRAE. New York.
3. Karaali, R., Ozturk, I.T. (2017) Efficiency improvement of gas turbine cogeneration systems. Tehnicki vjesnik-Technical Gazette, V: 24, Suppl.1, p:21-27. DOI:10.17559/TV20140509154652
4. Karaali, R., Ozturk, I.T. (2017). Effects of ambient conditions on performance of gas turbine cogeneration cycles. J. of Thermal Science and Technology (Isı Bilimi ve Tekniği Der.), V:37 No. 1, p. 93-102.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SİLAH SİSTEMLERİNDE ATEŞLEME İĞNE DEFORMASYONUNUN DENEYSEL İNCELENMESİ

Dr. Eymen AKDENİZ[1], Mehmet Kutay GEZER[2], Buğrahan ILGAZ[3], Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR[4]

[1] Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş., AR-GE Merkezi, eymenakdeniz@sinerjisilah.com.tr- ORCID ID: 0000-0003-0169-4422

[2] Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş., AR-GE Merkezi, mehmetkutay@sinerjisilah.com.tr- ORCID ID: 0000-0003-2897-6198

[3] Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş., AR-GE Merkezi, bugrahanilgaz@sinerjisilah.com.tr- ORCID ID: 0009-0001-4731-1469

[4] Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, mustafabozdemir@kku.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-9332-2054

ÖZET

Silahlarda ateşleme mekanizmasının aşınma ve yorulmaya karşı optimum tasarımı, silahın güvenilirliği ve uzun vadeli performansı açısından hayati öneme sahiptir. Ateşleme mekanizması, sürekli tekrarlayan patlama yüklerine maruz kaldığından, malzeme seçimi, mekanik dayanıklılık ve geometrik toleransların uyumu büyük bir hassasiyetle ele alınmalıdır. Geometrik toleranslardaki hatalar, parçaların birbirleriyle sürtünerek çalışmasına neden olarak mekanizmada aşınma ve yorulma hasarına yol açmaktadır. Bu tür problemler, silahın kullanım ömrünü ve güvenilirliğini olumsuz etkilerken, aynı zamanda tasarım sürecini de karmaşıklaştırmaktadır. Silahların farklı çalışma ortamları ve koşulları göz önüne alındığında, bu çeşitlilikleri simüle etmek için TSE 870 ve CIP standartlarına uygun olarak sekiz farklı test uygulanmaktadır. Bu testler, parçalar arası uyumu ve dayanıklılığı değerlendirmede kritik bir rol oynar.Modern silah test makineleri, mühimmat kullanılmadan ateşleme mekanizmasının aşınma ve yorulma dayanıklılığını ölçebilmekte ve geometrik tolerans hatalarını önceden tespit ederek bu tür sorunların önüne geçmektedir. Bu yenilikçi makineler, silah tasarım sürecini iyileştirmekle kalmayıp, ürünlerin güvenilirliğini artırarak daha verimli bir geliştirme süreci sağlamaktadır.

Bu çalışmada, MP-5 tipi silahta bulunan ateşleme iğnesi üzerinde dayanıklılık testleri gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında, her 1000 atım sonrasında ateşleme iğnesinin görselleri ve ölçümleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu süreç, toplamda 8000 atıma ulaşılana kadar düzenli aralıklarla tekrarlanmıştır. Tüm bu testler, mühimmat kullanılmadan, geliştirilmiş bir silah test makinesi yardımıyla gerçekleştirilmiş ve bu sayede gerçek kullanım koşulları etkili bir şekilde simüle edilmiştir. Test makinesi, ateşleme iğnesinin aşınma, deformasyon ve yorulma gibi etkiler altında sergilediği performansı analiz etmek için ileri düzey ölçüm ve görselleştirme teknolojilerinden faydalanmıştır. Bu yaklaşım, hem daha güvenli hem de maliyet etkin bir test süreci sunarak, silah tasarımı ve geliştirilmesi aşamalarına önemli bir katkı sağlamıştır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Anahtar Kelimeler: Ateşli silah teknolojisi, silah test makinası, mekanik kayıplar, ateşleme iğnesi.

1. GİRİŞ

Tüfekler ve av tüfekleri omuza dayanarak, tabancalar ise elde tutularak ateşlenir. Tüfeklerin ve tabancaların namlusu yivlidir. Bu silahlarda bulunan yivler, atışları daha isabetli olmasını ve silahın menzilinin artmasını sağlar. Yivli silahlar mermi adı verilen mühimmatları kullanmaktadır. Silahlarda kullanılan farklı çap ve boyuttaki kurşunlar kullanılan silahların boyutlarını, etkili menzillerini, kullanım alanını ve kullanım amacı gibi birçok parametreyi etkilemektedir.

Av tüfeklerinin namlusu düzdür. Namlusunun düz olması sebebiyle yivli silahlara kıyasla etkili menzili daha kısadır. Av tüfekleri saçma adı verilen mühimmatlar kullanmaktadır. Saçma denen bu küçük metal bilyeler, tüfek ateşlendiğinde hedef üzerine saçılır. Saçma ateşlendikten sonra dağıldığı için kısa mesafedeki hedefe çok sayıda saçma gönderir. Saçmaların bu denli dağılması bazı durumlarda isabet oranını artırır [1].

Silahlanma ve silah sanayi özellikle soğuk savaş yılları olan 1970'lerden sonra hızla arttı. Dünyadaki bu hızlı silahlanma paralelinde ülkemizde silahlanma yarışına katıldı. Ülkemizde 1980'li yıllardan sonra ruhsatlı silah sayısında hızla artış gözlendi [2]. Silah sayısının bu denli artması halkın can ve mal güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Bunun sebebi ise bilinçsiz silahlanmadır. Bilinçsiz silahlanan halk güvenlik güçlerine ve sivil halka zarar vermektedir. Bununla beraber yasadışı silahlanma da hızlı bir şekilde artış gösterdi. Yasadışı silah genellikle güvenlik güçleri ile sürekli karşı karşıya gelen suçlu insanlar tarafından kullanılmaya başlandı.

KOÇ et al, "Silah Geri Tepme ve Şahlanma Test Makinası Tasarımı ve Simulasyonu" adlı çalışması incelenmiştir. Bu çalışma, silah uzuvlarındaki kuvvetleri ölçerek uzun ömürlü parçaların tasarımını kolaylaştırır. Ayrıca, otomatik silahların patlamadan sonraki enerjisini ölçerek gaz deliği çapı ve konumunun optimum hesaplamasını sağlar. Bu hesaplamalar, daha konforlu ve yüksek performanslı silahların tasarlanmasına olanak tanır. Çalışma kapsamında, Ansys/Workbench programı kullanılarak yapısal analizler, özgün tasarım ve MATLAB/Simulink ile PID konum kontrol simülasyonları gerçekleştirilmiştir [3].

BOZDEMİR'in "Silah Sabitleme Sistemi Tasarım ve Prototip Üretimi" adlı çalışması incelenmiştir. Bu çalışmada, silah sistemleri için kullanılan hedefleme ayarlarını yapmak amacıyla masa üstü bir silah sabitleme sistemi tasarlanmış ve 3B yazıcı ile prototipi üretilmiştir. Prototip sistemi kullanarak, silah üzerinde doğru ayarlamalar yapılabilecek, kolay ve hatasız bağlantı sağlanabilecek, silah gövdesine zarar vermeden istenilen ayarlamaları yapabilen bir silah sabitleme merkezi oluşturulmuştur [4].

KAYMAZ et al, "Bir Silahta Ateşleme Mekanizmasının Aşınmaya ve Yorulmaya Karşı Optimum Tasarımı" başlıklı çalışması incelendi. Silah tasarımında geometrik toleranslar, çalışan parçalar arasında büyük önem taşır, çünkü bu toleranslardaki sorunlar parçaların sürtünerek çalışmasına neden olabilir. Ateşleme mekanizması, tekrarlanan patlama yüklerine maruz kaldığı için geometrik tolerans hataları nedeniyle

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

aşınma ve yorulma hasarı gelişebilir. Bu çalışmada, ateşleme mekanizmasının test şartlarına dayanıklı olacak şekilde tasarım aşamaları ve elemanların aşınma ve yorulmaya karşı direncini artırmak için yapılan tasarım iyileştirmeleri sunulmaktadır.

Mekanizmanın dinamik modeli Adams yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve elemanların mukavemet analizleri gerçekleştirilmiştir. Elemanlar, sonsuz ömürlü olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, temas halinde olan parçalar için ısıl işlemler ve kaplama malzemeleri araştırılarak aşınma dayanımları iyileştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar, mukavemet analizleri, malzeme testleri ve aşınma deneyleri sonuçları ile prototip sisteme ait deneysel veriler sunulmuştur. Oxycap ile kaplanan parçalarda aşınma özelliklerinde iyileşme sağlandığı belirlenmiştir [5].

VAROL ÖZKAVAK et al. Genel olarak av tüfeklerinde darbe şeklinde yüke maruz kalan parçalar hasara uğramaktadır. Türkiye'de imalatı yapılan av tüfeklerinde bulunan ve kritik öneme sahip "kilit" parçasında meydana gelen kırılma hasarı ve bu hasarın önlenmesi ele alınmıştır. Bu amaçla hali hazırda tüfek imalatında kullanılan AISI 4140 ve AISI 4340 düşük alaşımlı çeliklerinin yanında düşük maliyetli AISI 1040 ve AISI 1050 çelikleri kilit parçası malzemesi olarak seçilmiştir. Seçilen bu malzemelere değişik ısıl işlem uygulanarak mekanik özelliklerde iyileştirme amaçlanmıştır. Ayrıca mevcut geometri ANSYS paket programı ile analiz edilerek gerilme yığılma bölgeleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda en uygun malzemenin normalize; yağda sertleştirme ve 500C'de temperleme işlemi uygulanmış AISI 4340 düşük alaşımlı çelik olduğu belirlenmiştir. ANSYS analizleri incelendiğinde geometriden dolayı parçada gerilme yığılma bölgeleri olduğu ve bunu engellemek için tasarımda iyileştirmenin gerekliliği sonucuna varılmıştır [6].

DORUK, Av ve spor amaçlı imal edilen tüfeklerde kritik kilit parçalarında meydana gelen erken hasarın önlenmesi ve kalitenin artırılması için doğru malzemenin belirlenmesi, yapılabilecek uygun ısıl işlemleri ve tasarım düzeltmeleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, kritik parçalar içinde en fazla sorun yaşanan mekanizma içindeki kilit parçası üzerinde çalışma yoğunlaştırılmıştır. Dünya genelinde tüfek imalatçılarının bu tür parçaların imalatında kullandıkları malzemeler genellikle AISI4140 ve/veya AISI4340 düşük alaşımlı çeliklerdir. Bundan dolayı bu iki çelik aday malzemeler olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu iki farklı malzemeye aynı ısıl işlem parametreleri uygulanarak mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi sonucu en iyi performans gösteren malzemenin belirlenmesi ve tasarım iyileştirmesi ile kilit gibi kritik parçaların kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır [7].

OZMEN et al. Ateşleme sırasında tüfek mekanizmasının ayrılmaz bir parçası olan yarı otomatik tüfeğin kilitleme bloğunun statik, dinamik ve yorulma davranışlarını incelemeye odaklanılmıştır. Bu çalışmada, sertlik ölçümleri, yarı otomatik tüfeğin geri tepme kuvvetlerinin analizi ve sonlu elemanlar analizi gibi teknikler uygulanmıştır. Kilitleme bloğu ve tüfeğin diğer parçalarını modellemek için Pro/Engineer Wildfire 3.0 serisi yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca, kilitleme bloğunun gerilme dağılımını ve yorulma davranışlarını belirlemek için ANSYS/LS-DYNA ve ANSYS Workbench sonlu elemanlar yazılımı kullanılmıştır. Analiz, Morrow Teoremi'ne dayalı olarak gerçekleştirilmiştir [8].

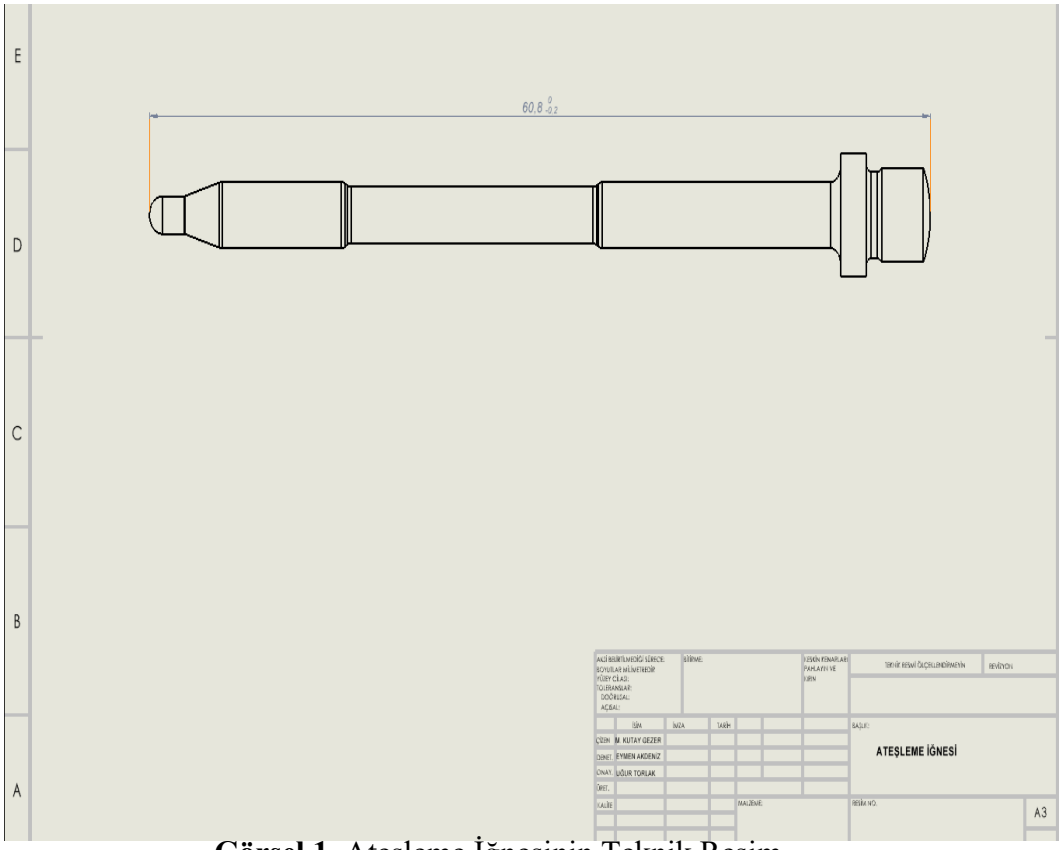
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Ateşleme mekanizmaları, sürekli tekrarlayan patlama yüklerine maruz kalmaları nedeniyle malzeme seçimi, mekanik dayanım ve geometrik toleransların uyumuyla ilgili kapsamlı bir mühendislik değerlendirmesi gerektirmektedir. Geometrik toleranslarda meydana gelen hatalar, bileşenlerin sürtünme ile çalışmasına neden olarak aşınma ve yorulma kaynaklı mekanik hasarlara yol açmaktadır. Bu durum, silah sistemlerinin kullanım ömrünü ve güvenilirliğini olumsuz etkilerken, aynı zamanda tasarım süreçlerini daha karmaşık hale getirmektedir. Bu kapsamda, Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş. tarafından geliştirilen silah test makinesi [9,10], MP-5 tipi silahlarda kullanılan ateşleme iğnesinin dayanıklılık testlerinde başarıyla uygulanmıştır. Çalışmada, her 1000 atımda ateşleme iğnesine ilişkin ölçümler gerçekleştirilmiş ve iğnenin durumu görsel olarak kayıt altına alınmıştır. Bu süreç, toplamda 8000 atıma kadar tekrarlanmış olup, testler herhangi bir mühimmat kullanılmaksızın gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, hem daha güvenli hem de maliyet etkin bir test süreci sunarak, silah tasarımı ve geliştirilmesi aşamalarına önemli bir katkı sağlayacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

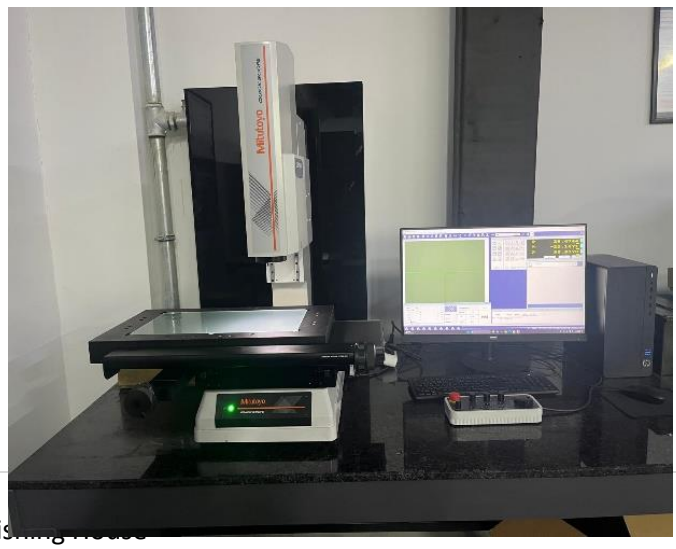
2. MATERYAL VE METOD

Ateşleme iğnesinin dayanıklılık testleri, MP-5 tipi bir silah üzerinde, özel olarak geliştirilmiş mühimmatsız bir test makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [9,10]. Teknik resimde belirtilen nominal boyut değeri **60,8 mm -0,2 tolerans aralığında** olan ateşleme iğnesinin, imalat sonrası ölçülen başlangıç boyutu **60,7 mm** olarak kaydedilmiştir. Test süreci, toplamda 8000 atımı kapsayacak şekilde planlanmış, her 1000 atımda boyutsal ölçümler ve yüzey aşınması detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.



Görsel 1. Ateşleme İğnesinin Teknik Resim

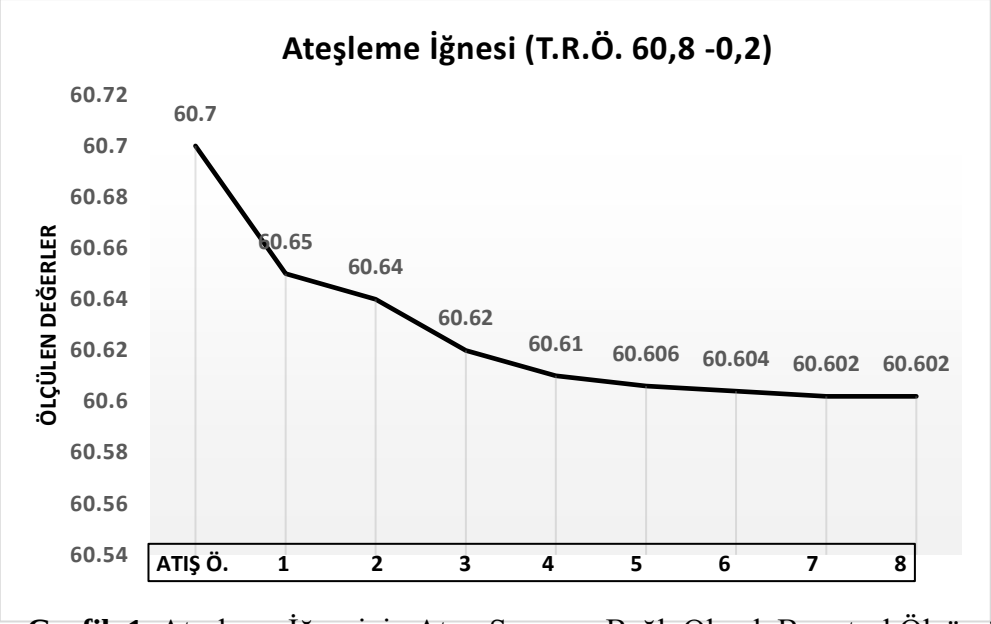
Boyutsal ölçümler, Mitutoyo Absolute Digimatic Dijital Kumpas ile gerçekleştirilirken, yüzeyde meydana gelen aşınma ve deformasyon etkileri, Mitutoyo Quick Scope yüksek hızlı ve yüksek hassasiyetli görsel ölçüm cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir.



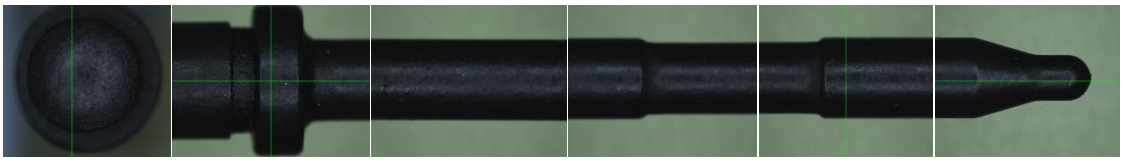
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Görsel 2. Mitutoyo Quick Scope

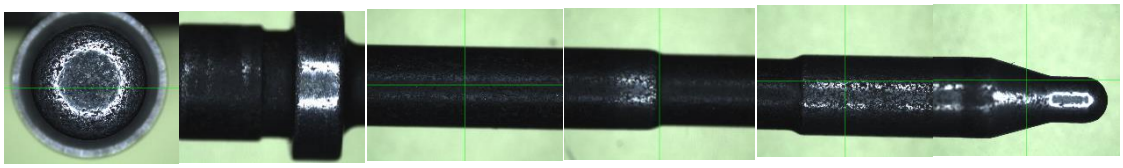
Her 1000 atımdaki boyutsal ölçüm sonuçları sırasıyla şu şekilde kaydedilmiştir: 1000 atımda 60,65 mm, 2000 atımda 60,64 mm, 3000 atımda 60,62 mm, 4000 atımda 60,61 mm, 5000 atımda 60,606 mm, 6000 atımda 60,604 mm, 7000 atımda 60,602 mm ve 8000 atımda 60,602 mm.



Grafik 1. Ateşleme İğnesinin Atım Sayısına Bağlı Olarak Boyutsal Ölçümü



Görsel 3. Ateşleme İğnesinin Atım Yapılmadan Önce Mitutoyo Quick Scope Cihazında Yapılan Görsel Kontrolü



Görsel 4. Ateşleme İğnesinin Atım Yapıldıktan Sonra Mitutoyo Quick Scope Cihazında Yapılan Görsel Kontrolü

Gerçek kullanım koşullarını simüle eden test makinesi, ateşleme sırasında oluşan mekanik yükleri birebir taklit ederek, mühimmatsız test sürecinde güvenli ve maliyet etkin bir yaklaşım sunmuştur. Test sonuçları, ateşleme iğnesinin 8000 atım sonunda yapısal bütünlüğünü koruduğunu ve boyutsal değişimlerin tolerans sınırları içinde kaldığını göstermiştir. Bu bulgular, ateşleme iğnesinin aşınma ve deformasyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

süreçlerini güvenilir bir şekilde analiz etme olanağı sağlamış ve silah tasarımı ile geliştirilmesi aşamalarına değerli bir katkı sunmuştur.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen dayanıklılık testleri kapsamında, MP-5 tipi silahın ateşleme iğnesi üzerinde 8000 atıma kadar aşınma, deformasyon ve yorulma etkileri incelenmiştir. Test sürecinde, her 1000 atımda ateşleme iğnesinin görselleri alınmış ve ölçümleri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Tüm testler, mühimmat kullanılmadan, özel olarak geliştirilmiş bir silah test makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve bu sayede gerçek kullanım koşulları etkili bir şekilde simüle edilmiştir. Test sonuçları, ateşleme iğnesinin belirlenen atım sayısına kadar yapısal bütünlüğünü koruduğunu ve aşınma ile deformasyon etkilerinin kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını göstermektedir. Bu çalışma, mühimmat kullanılmadan gerçekleştirilen test süreciyle hem maliyet etkinliği hem de test güvenliğini artırmıştır. Aynı zamanda, geliştirme aşamalarında ürün güvenilirliğini ve tasarım doğruluğunu artırmaya yönelik değerli veriler sağlamıştır. Elde edilen bulgular, silah tasarımı ve geliştirilmesine yönelik gelecekteki çalışmalara önemli bir referans oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] https://tr.wikipedia.org/wiki/Ate%C5%9Fli_silah

[2] Tezcan, Aydın. ”Ateşli Silahlarla İlgili Suçlar Nedeniyle Türkiye Cezaevlerinde Bulunan Mahkumların Profilleri”. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003.

[3] Silah Geri Tepme Ve Şahlanma Test Makinası Tasarımı Ve Simulasyonu (Design And Simulation Of Gun Rebound And Rampancy Test Machine) 1orhan Koç , 2*Mustafa Tınkır Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, C. 11, S. 1, 220-246, 2023

[4] Silah Sabitleme Sistemi Tasarım Ve Prototip Üretimi Mustafa Bozdemir* Kırıkkale Üniversitesi, Kmyo, Makine Ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kırıkkale

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[5] Bir Silahta Ateşleme Mekanizmasının Aşınmaya Ve Yorulmaya Karşı Optimum Tasarımı Burak Kaymaz1, Özge Alkılınç1 , Gürkan Zengin1 , Tolga Mert2 1akkar Silah Sanayi Ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul / Türkiye 2yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye

[6] Özkavak H. V., Usal M. R. "Av Tüfeklerinde Bulunan Kilit Parçasının Tasarım Optimizasyonu Ve Malzeme Özelliklerinin İyileştirilmesi", Araştırma Makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi 2019

[7] Yivsiz Setsiz Av Ve Spor Tüfeklerinde Kaliteyi Artırmak Amacıyla Kritik Parçalarda İyileştirme Çalışmaları İbrahim Doruk Doktora Tezi Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

[8] Yarı Otomatik Bir Tabanca Kilit Bloğunun Statik, Dinamik Ve Yorulma Analizi (Static, Dynamic And Fatigue Analysis Of A Semi-Automaticgun Locking Block) Dogan Ozmen C,*, Mustafa Kurt A,1, Bulent Ekici B,2, Yusuf Kaynak A,1 Engineering Failure Analysis 16 (2009) 2235–2244

[9] Ateşli Silah Mekanik Test Makinası Tasarımı, Dr. Eymen AKDENİZ, Mehmet Kutay GEZER, Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR EGE 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 22 - 24, 2023 Izmir

[10] Pnömatik Çalışan Mekanik Silah Test Makinası Geliştirilmesi Dr. Eymen AKDENİZ, Mehmet Kutay GEZER, Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR Uzakdoğu 3. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi Ekim 2-9, 2024

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

PNÖMATİK SİSTEM İLE SAC LEVHALARIN KESİLMESİ

Oktay TEKİNAY [1], Dr. Eymen AKDENİZ [2], Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR[3]

[1] Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş , AR-GE Merkezi, oktaytekinay@sinerjisilah.com.tr - ORCID ID:0009-0008-3431-5111

[2] Sinerji Yüksek Teknoloji A.Ş , AR-GE Merkezi, eymenakdeniz@sinerjisilah.com.tr - ORCID ID: 0000-0003-0169-4422

[3] Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, mustafabozdemir@kku.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-9332-2054

Özet:

Sac levhalar, çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Ancak, genellikle belirli boyutlarda üretilen bu levhaların çoğu zaman istenilen ölçülere getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem, genellikle hidrolik presler ve lazer kesim makineleriyle yapılmaktadır. Her bir kesme teknolojisi, belirli avantajlara sahipken, aynı zamanda bazı sınırlamalar ve zorluklar da taşımaktadır. Hidrolik presler, yüksek tonaj kapasitesine sahip olmakla birlikte, büyük boyutlu makineler oldukları için yer kaplama sorunları yaratabilir ve yüksek maliyetler gerektirebilir. Lazer kesim makineleri ise yüksek doğruluk ve hız sunmasına rağmen, yüksek ısınma riski, yangın tehlikesi ve karmaşık bakım gereksinimleri ile birlikte gelir. Bu makalede, geleneksel makinelerin yerine geçebilecek alternatif bir çözüm olarak, özel bıçak tasarımlarıyla çalışan pnömatik sistemler ile sac kesme yöntemi geliştirilmiştir. Bu tasarımlar, kesme işlemlerini daha düşük kuvvetle ve daha basit mekanizmalarla gerçekleştirme potansiyeline sahiptir. Özel bıçak tasarımları, farklı sac levha türleri ve kalınlıklarında esnek bir şekilde kullanılabilir, bu da üretim süreçlerine daha hızlı uyum sağlanmasını mümkün kılar. Sonuç olarak, bu alternatif çözüm, maliyetleri düşürmeyi ve makinelerin karmaşıklığını azaltarak daha verimli ve pratik bir üretim süreci sunmayı amaçlamaktadır. Bu yenilikçi tasarımlar, özellikle küçük ve orta ölçekli üreticiler için büyük bir avantaj sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Pnömatik piston, Sac levha, Kesici bıçak tasarımı

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

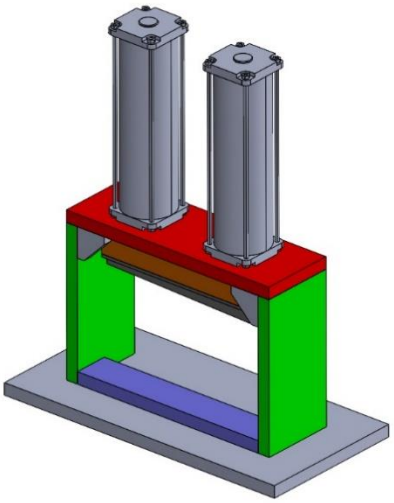
1. Giriş:

Sac levha kesme teknolojileri, endüstriyel üretim süreçlerinde önemli bir yere sahiptir ve farklı uygulama alanlarında geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır. Geleneksel kesme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan teknolojiler hidrolik presler ve lazer kesim makineleridir. Bu makineler, çeşitli avantajlar sunmakla birlikte, aynı zamanda bazı sınırlamalar ve zorluklar da taşımaktadır. Hidrolik presler, özellikle büyük ve kalın sac levhaların kesilmesi ve şekillendirilmesi için yaygın olarak kullanılan makinelerden biridir. Bu makineler, hidrolik sistemlerin sağladığı yüksek tonaj kapasitesi sayesinde, sert ve kalın malzemelerin işlenmesinde oldukça etkilidir. Hidrolik presler, özellikle otomotiv, inşaat ve havacılık gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makineler, yüksek kuvvet uygulama yetenekleri sayesinde büyük ebatlı kesimler ve şekillendirmeler için idealdir [1]. Bununla birlikte, hidrolik preslerin büyük boyutları, yer kaplama sorunları yaratmakta ve bu makinelerin kurulum maliyetlerini artırmaktadır [2]. Hidrolik preslerin avantajları arasında yüksek güç ve tonaj kapasitesine ek olarak, farklı malzemeleri ve kalınlıkları işleyebilme esnekliği de bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu makinelerin kullanımı sırasında bazı zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Hidrolik presler, genellikle büyük makineler oldukları için işletme alanında önemli yer kaplarlar ve kurulumları genellikle yüksek maliyetler gerektirir. Ayrıca, yüksek enerji tüketimi ve uzun bakım süreleri de hidrolik preslerin olumsuz yönlerindendir [3]. Hidrolik sistemlerdeki aşırı basınç ve sıcaklık artışı, makinelerin verimliliğini etkileyebilir ve uzun vadede bakım gereksinimlerini artırabilir. Bununla birlikte, yeni nesil hidrolik presler, daha verimli enerji kullanımı ve azaltılmış bakım ihtiyacı ile tasarlanarak bu sorunları çözmeye yönelik önemli adımlar atılmıştır [4].Lazer kesim makineleri, özellikle ince ve hassas kesim gereksinimlerinin olduğu alanlarda tercih edilmektedir. Lazer teknolojisi, yüksek doğruluk ve hız sunarak, özellikle otomotiv, elektronik ve havacılık sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Lazer kesim, bir lazer ışınının malzeme yüzeyine odaklanarak malzemeyi eritmesi ve bu eriyen kısmın bir hava akışıyla uzaklaştırılması prensibiyle çalışır. Bu yöntem, yüksek kesim kalitesi, düzgün kenar yüzeyleri ve düşük tolerans hataları sağladığı için öne çıkmaktadır [5]. Lazer kesim makineleri, özellikle karmaşık geometrilerin ve ince levhaların kesilmesinde son derece etkilidir. Bunun yanı sıra, hızlı işlem süreleri sayesinde üretim süreçlerini hızlandırır ve yüksek verimlilik sağlar. Ancak, lazer kesim makinelerinin bazı sınırlamaları da vardır. En önemli sınırlamalardan biri, yüksek ısınma riski ve bu durumun yangın tehlikesine yol açabilmesidir. Lazer ışınının malzeme üzerinde yoğunlaşması, belirli bir noktada çok yüksek sıcaklıklara neden olabilir ve bu da kesim sırasında malzemenin yanmasına veya bozulmasına yol açabilir [6]. Ayrıca, lazer kesim makineleri, karmaşık bakım gereksinimleri ve yüksek enerji tüketimi ile bilinir. Lazer makinelerinin verimli bir şekilde çalışabilmesi için düzenli bakım ve ayar yapılması gereklidir. Bu makinelerin lazer tüpünün değiştirilmesi veya lenslerin temizlenmesi gibi bakım işlemleri, işletme maliyetlerini artırabilir. Bununla birlikte, lazer teknolojisi son yıllarda önemli gelişmeler göstermiştir. Yeni nesil lazer kesim makineleri, daha düşük enerji tüketimi, daha az bakım gereksinimi ve daha uzun ömürlü lazer tüpleri ile geliştirilmiştir [7]. Lazer kesim makinelerinin bir diğer zorluğu da, genellikle ince levhalarla sınırlı olmalarıdır. Kalın ve sert malzemeler üzerinde lazerle kesim yapmak, daha fazla güç ve uzun işlem süreleri gerektirir. Ayrıca, bazı metallerin lazerle kesilmesi sırasında yansımalar ve ısı ile ilgili sorunlar meydana gelebilir [8]. Bununla birlikte, lazer kesim makineleri, özellikle ince sac levhalar için tercih edilmeye devam etmektedir çünkü kesim kalitesi çok yüksek ve bıçakların değiştirilmesi gibi ek maliyetler gerekmez. Son yıllarda, hem hidrolik presler hem de lazer kesim makineleri için yenilikçi çözümler geliştirilmiştir. Hidrolik preslerin verimliliğini artırmaya yönelik araştırmalar, enerji tüketiminin azaltılması ve bakım süreçlerinin iyileştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Elektrikli ve hibrit hidrolik sistemler, bu makinelerin daha çevre dostu ve ekonomik olmasına olanak sağlamaktadır [9]. Lazer kesim makineleri için ise, daha hızlı ve daha verimli lazer tüpleri geliştirilmiş ve kesim hızları

artırılmıştır. Bunun yanı sıra, lazer kesim makinelerinin verimliliğini artırmak amacıyla, kesme sırasında ortaya çıkan ısının daha etkin bir şekilde yönetilmesi için soğutma sistemlerinde iyileştirmeler yapılmıştır [10].Bu makalede, geleneksel kesme makinelerinin yerine geçebilecek alternatif bir çözüm olarak, özel bıçak tasarımlarıyla çalışan pnömatik sistemler ile sac kesme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yenilikçi yaklaşım, daha düşük kuvvetle ve daha basit mekanizmalarla kesim işlemi gerçekleştirebilme potansiyeli sunmaktadır. Özel bıçak tasarımları, farklı sac levha türleri ve kalınlıklarında esnek bir şekilde kullanılabilir, bu da üretim süreçlerinin daha hızlı uyum sağlamasına olanak tanır. Böylece, hem maliyetler düşürülebilir hem de makinelerin karmaşıklığı azaltılarak daha verimli ve pratik bir üretim süreci elde edilebilir. Bu çalışma, hidrolik presler ve lazer kesim makinelerinin avantajlarını ve sınırlamalarını ele alırken, alternatif çözüm olarak pnömatik sistemlerin önemini vurgulamayı amaçlamaktadır. Bu tür yenilikçi tasarımlar, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için büyük bir avantaj sağlayarak, daha esnek, ekonomik ve verimli üretim süreçlerine katkıda bulunabilir.

2. METERYAL VE METOD

Bu çalışmada geliştirilen pnömatik sistem, temel anlamda geleneksel kesme makinelerinden önemli bir farklılık göstermektedir. Sistemin avantajlı olmasının temel nedenlerinden biri, kullanılan pistonlar ve yataklama için seçilen elemanlardır. Bu bileşenler, sistemin verimli ve düşük kuvvetle çalışmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, sistemin mekanizması genel olarak basit bir yapıya sahiptir; bu, bakım ve işletme kolaylığı sağlamaktadır. Sistemin düşük tonajla çalışabilmesinin başlıca nedeni, kesim işlemini gerçekleştiren bıçak tasarımının şekli ve açısıdır. Özel olarak tasarlanmış bıçaklar, malzemeyi daha az kuvvetle ve yüksek hassasiyetle kesebilmekte, bu da sistemin düşük enerji tüketimiyle verimli çalışmasına olanak tanımaktadır. Bu yenilikçi tasarım, bıçakların kesme sırasında oluşturduğu kuvvetin optimize edilmesini sağlayarak, yüksek güç gereksinimi olmayan bir işlem sunmaktadır. Çalışmanın en belirgin özelliklerinden biri, bu sistemin düşük kesme kuvvetiyle çalışıyor olmasıdır. Bu özellik, makinenin düşük bütçeli olmasına olanak tanır, çünkü daha az enerji tüketimi ve daha basit mekanizmalar sayesinde üretim maliyetleri minimize edilmiştir. Sonuç olarak, bu sistem, hem ekonomik hem de verimli bir çözüm sunarak, özellikle küçük ve orta ölçekli üreticiler için önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, alüminyum ve benzeri metallerin kesiminde, bu malzemelerin daha düşük kesme kuvvetine ihtiyaç duyması nedeniyle geleneksel kesme sistemlerine gerek duyulmamaktadır. Alüminyum, genellikle daha düşük sertliğe ve kesme direncine sahip olduğu için, bu tür malzemelerin işlenmesi, daha düşük kuvvet gereksinimiyle gerçekleştirilebilir. Bu durum, geliştirilen pnömatik sistemin avantajlarından biridir, çünkü daha az kuvvetle çalışabilen bir makine tasarımı, yüksek maliyetli ve karmaşık kesme teknolojilerinin yerine etkili bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, ince sac plakalarının kesilmesi, kalınlık açısından daha kolay ve daha pratik bir işlemdir. İnce levhaların kesilmesinde, malzeme direncinin daha düşük olması, kesme işleminin hızını artırmakta ve enerji verimliliğini sağlamaktadır. Bu nedenle, ince sacların işlenmesi için geliştirilmiş bu pnömatik sistem, yüksek doğruluk ve hızla kesim yapabilme kapasitesine sahiptir, bu da üretim süreçlerini daha verimli hale getirmektedir.



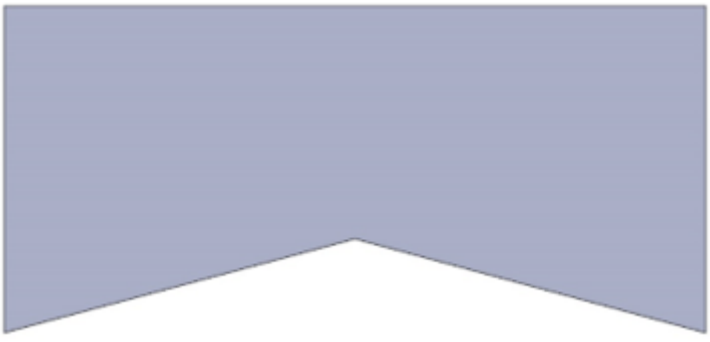
Şekil 1 PNÖMATİK SAC KESME MAKİNESİ



Şekil 2 KESME BICAĞI



Şekil 3 KESME BIÇAĞI



Şekil 4 KESME BIÇAĞI

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma, metal levhaların kesilmesi işleminde daha düşük kuvvet kullanarak yüksek verimlilik sağlanmasını hedefleyen bir sistemin tasarımını ve test edilmesini içermektedir. Geliştirilen sistemin en önemli avantajı, geleneksel kesme makinelerine kıyasla daha kısa sürelerde ve daha az ayar ile kesme işlemleri gerçekleştirebilmesidir. Bu, endüstriyel üretim süreçlerinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlayan önemli bir özelliktir. Sistemin tasarımında, kesme işleminin verimliliğini doğrudan etkileyen en önemli parametre olarak levhanın kalınlığı belirlenmiştir. Diğer parametreler sabit tutulmuş ve sadece kalınlık ölçüsüne göre ayarlamalar yapılmıştır. Bu basitleştirilmiş tasarım, daha kısa işlem süreleri ve daha düşük enerji tüketimiyle sonuçlanmış, geleneksel makinelerdeki karmaşıklıklardan ve uzun ayar sürelerinden kaçınılmıştır. Ayrıca, sistemin modüler yapısı, yedek parça temini ve bakım işlemlerini daha kolay ve ekonomik hale getirmiştir. Kullanılan malzeme seçimi de tasarımın başarısı açısından kritik olmuştur. Yüksek mukavemetli sac malzemeleri tercih edilerek, sistemin daha düşük kuvvetle verimli çalışması sağlanmıştır. Bu, kesme işlemlerinin verimliliğini artırmış ve sistemin enerji tüketimini en aza indirmiştir. Sonuç olarak, bu sistemin geliştirilmesi, metal levha kesiminde daha verimli, ekonomik ve güvenli bir alternatif sunmuştur. Geliştirilen sistem, pnömatik teknolojiler kullanarak daha basit bir yapıda olup, düşük tonaj gereksinimiyle çalışmaktadır. Bu, daha az karmaşıklık ve daha az risk taşıyan bir seçenek sunarak, operatörlerin güvenliğini artırmakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir. Bu sistem, yüksek tonajlı ve karmaşık makinelerle yapılan kesimlere kıyasla daha güvenli ve kullanımı kolay bir alternatif sunmaktadır. Sonuç olarak, bu araştırma, daha verimli, düşük maliyetli ve güvenli bir kesme teknolojisinin uygulanabilirliğini göstermiştir. Geliştirilen sistem, endüstriyel üretim süreçlerinde hem verimlilik hem de güvenlik açısından önemli bir iyileşme sağlayabilir. Bu tür sistemlerin gelecekte daha yaygın hale gelmesi, üretim süreçlerinin daha hızlı, ekonomik ve güvenli bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

4. KAYNAKLAR:

[1] Bergström, J., & Persson, E. (2004). Hydraulic Press Applications and Optimization in Sheet Metal Forming. International Journal of Mechanical Sciences, 46(12), 1797-1810.

[2] Smith, J. (2010). Hydraulic Press Applications in Sheet Metal Cutting. Industrial Engineering Journal, 55(3), 345-352.

[3] Jones, R., & Thompson, M. (2015). Challenges in Hydraulic Press Operations and Maintenance. Journal of Manufacturing Technology, 32(4), 112-120.

[4] Sahu, A., & Choudhury, A. (2017). *Energy efficiency and maintenance optimization in hydraulic systems*. Journal of Hydraulic Engineering, 143(4), 03017001.

[5] Wang, H., Zhang, L., & Liu, Q. (2017). Laser Cutting Systems: Challenges and Opportunities. Journal of Laser Applications, 29(1), 15-23.

[6] Zhao, Z., Wang, X., & Zhang, Y. (2014). Thermal Effects and Cutting Quality in Laser Cutting. Journal of Manufacturing Processes, 16(4), 501-509.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

[7] Lee, C., Park, J., & Kim, Y. (2018). Recent Advances in Laser Cutting Technologies. Journal of Laser Applications, 30(2), 201-212.

[8] Karakaya, S., Atasoy, Y., & Gokce, A. (2019). Laser Cutting of Metals: A Review on Challenges and Recent Developments. Journal of Materials Processing Technology, 270, 58-74.

[9] Zhou, W., Liu, S., & Yang, L. (2020). Energy-Efficient Hydraulic Presses in Sheet Metal Forming. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 142(5), 051012.

[10] Li, X., Liu, H., & Guo, M. (2021). Optimization of Cooling Systems in Laser Cutting Machines. Applied Thermal Engineering, 183, 116107.

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

BAZI ENDEMİK *ASTRAGALUS* TÜRLERİNİN TOPLAM FENOLİK VE TOPLAM FLAVONOİD MADDE İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Deniz İRTEM KARTAL[1]
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
denizirtem@yyu.edu.tr- https://orcid.org/0000-0001-9669-5828
Ph.D. Zafer YAREN[1*]
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
zfryrn.65@gmail.com, 0000-0002-3833-1900
M.Sc. Yağmur MERİÇ[2]
Diyarbakır Adli Tıp Kurumu
yagmurmeric3@gmail.com, 0000-0002-8385-4815
M.Sc. Meryem AKGÜL[3]
Mardin Artuklu Üniversitesi, Biyoloji Bölümü,
meryemsaglam65@gmail.com, 0000-0002-8385-4815

ÖZET

Bitkiler, hem kendileri hem de diğer canlılar için büyük öneme sahip olan ve sekonder metabolit denen maddeler sentezlerler. Fenolik bileşikler gibi fitokimyasallar, yüksek antioksidan etki gösteren sekonder metabolitlerin en önemli gruplarından biridir. Tıbbi bitkilerin tedavi edici özellikleri vardır ve bu özellikler içerdikleri sekonder metabolitlerden kaynaklanmaktadır. Halk tarafından 'Geven' olarak bilinen *Astragalus* üyeleri, dünyanın değişik bölgelerinde yayılış gösteren ve sahip oldukları farmakolojik özellikler ile antidiyabetik, antikarsinojen, antioksidan, antimikrobiyal, hepatoprotektif, kardiyoprotektif gibi çeşitli biyolojik aktiviteleri olan önemli bitkilerdir. Fabaceae ailesine mensup olan bu cinsin ülkemizde 450 kadar türü bulunmaktadır. Bunlardan yaklaşık 224'ünün endemik olduğu bildirilmiştir. Van, *Astragalus* üyelerinin yayılış gösterdiği bir ildir. *Astragalus gymnalopecias, Astragalus longifolius ve Astragalus cryptocarpus,* Van'da yayılış gösteren endemik *Astragalus* türlerindendir. Literatürde bu türlerin yaprak ekstreleri ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Van ilinde yayılış gösteren üç endemik bitki türünün yapraklarından elde edilen hidrometanol ekstrelerinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği, Singleton ve Rossi (1965)' nin uyguladığı yöntemin modifiye şekline göre yapıldı ve standart olarak gallik asit kullanıldı. Toplam flavonoid madde içeriği ise Zhishen ve ark. (1999) modifiye yöntemine göre belirlendi ve standart olarak kateşin kullanıldı. *A. gymnalopecias, A. longifolius* ve *A. cryptocarpus*'un toplam fenolik madde içerikleri sırayla 204.57 ± 2.61, 612.2±3.2 ve 1066 ± 6.3 µg GAE/mg kuru ekstre, toplam flavonoid madde içerikleri ise sırayla 927.77 ± 2.77, 382.03±0.9 ve 561.7± 2.9 µg CE/mg kuru ekstre bulundu. Sonuçlar bu bitkilerin tıbbi olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Astragalus*, Tıbbi bitki, Toplam fenolik, Toplam flavonoid

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

1. GİRİŞ

Bitkilerin farklı kısımlarından elde edilen ve çeşitli hastalıkların tedavisinde haricen kullanılan bitkiler, tıbbi bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Tıbbi bitkilerin ilaç, gıda, kozmetik, tekstil, boya vb. gibi birçok kullanım alanı mevcuttur. Yaygın olarak hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (1). Geleneksel tıbbi bitkilerin hastalıkların tedavisindeki kullanımı, uzun bir geçmişe dayanmaktadır. Asurlar, Hititler, Sümerler, Mısırlılar ve Mezopotamyalıların hastalıkların tedavisinde bitkilerden faydalandıkları bildirilmiştir. Tıbbi bitkilerin sağlığı koruma ve çeşitli hastalıkları tedavi etme potansiyeline sahip olması son yıllarda, özellikle yeni terapötik ajanların keşfi için ilgi çekici olmuştur (2, 3).

Hayatta maruz kalınan iç ve dış etkenler, vücutta serbest radikallerin birikmesine yol açar. Serbest radikaller en fazla vücudun normal metabolik faaliyetleri sırasında, mitokondrilerde üretilirler. Yaşamın sürdürülmesi için hayati bir öneme sahip olan oksijen, enerji üretiminde kullanıldığında serbest radikal oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca sigara, alkol, stres, sağlıksız beslenme gibi etmeler de vücutta serbest radikal oluşumuna neden olur. Oluşan serbest radikaller, nükleik asit, protein ve lipidlere zarar verir. Onların yapısında değişiklik meydana getirerek doğal yaşlanma sürecinin ilerlemesine ve serbest radikal kaynaklı çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına neden olur (4, 5). Serbest radikaller, diyabet, kanser, kalp hastalıkları, yaşlanma, nörodejeneratif gibi çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilmiştir. Bundan dolayı serbest radikallere karşı savunma görevi gören ajanların keşfi, büyük önem taşımaktadır (6).

Antioksidanlar, serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruma sağlayan savunma sistemleridir (4). Radikal oluşumunun engellenmesi, hasara uğramış moleküllerin ortadan kaldırılması ve radikal formu kararlı hale getirmede önemli rolleri vardır (7). Antioksidanlar, canlı sistemlerde serbest radikal oluşumu arttığında, organizmayı oksidatif stresten korumak için devreye girerek bir savunma hattı oluştururlar (8). İnsan vücudunda üretilebildiği gibi dışarıdan takviye olarak da alınabilirler. Doğal antioksidan bileşiklerin başlıca kaynaklarını bitkiler oluşturmaktadır. Bitkiler, çevresel strese karşı yanıt olarak alkaloidler, flavonoidler, terpenoidler, glikozitler, tanenler ve fenolik bileşenler gibi çeşitli biyoaktif ikincil metabolitler üretirler. Fenolik bileşikler, bitkilerin ürettiği en önemli fitokimyasal bileşikler olup doğal antioksidanların en önemli grubunu oluştururlar (3, 9). Fenolik bileşiklerin en önemli grubu ise flavonoidlerdir. Flavonoidler, bitkilerin çeşitli kısımlarından izole edilen ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan düşük molekül ağırlıklı doğal bileşiklerdir. Flavonoidlerin antioksidan, antimutajenik, antiproliferatif, antitümör, antiviral ve antienflamatuar gibi çeşitli biyoaktif aktiviteleri bildirilmişir (10).

Astragalus, dünyanın ılıman ve kurak bölgelerinde geniş bir yayılım gösteren Fabaceae (Baklagil) bitki ailesinin en büyük cinslerinden biridir. *Astragalus* türleri, uzun süre boyunca halk tıbbında mide ülseri, kronik bronşit, hipertansiyon ve diyabet gibi rahatsızlıklara karşı kullanılmaktadır (11). *Astragalus* türlerinde bulunan önemli biyoaktif ikincil metabolitler arasında triterpenler, yağ asitleri, polisakkaritler, saponinler, flavonoidler ve alkaloidler yer almaktadır. *Astragalus* cinsi, sahip olduğu bu biyoaktif metabolitlerden dolayı immünoregülatör, antitümör, antidiyabetik, antioksidatif ve antimikrobiyal dahil çeşitli

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

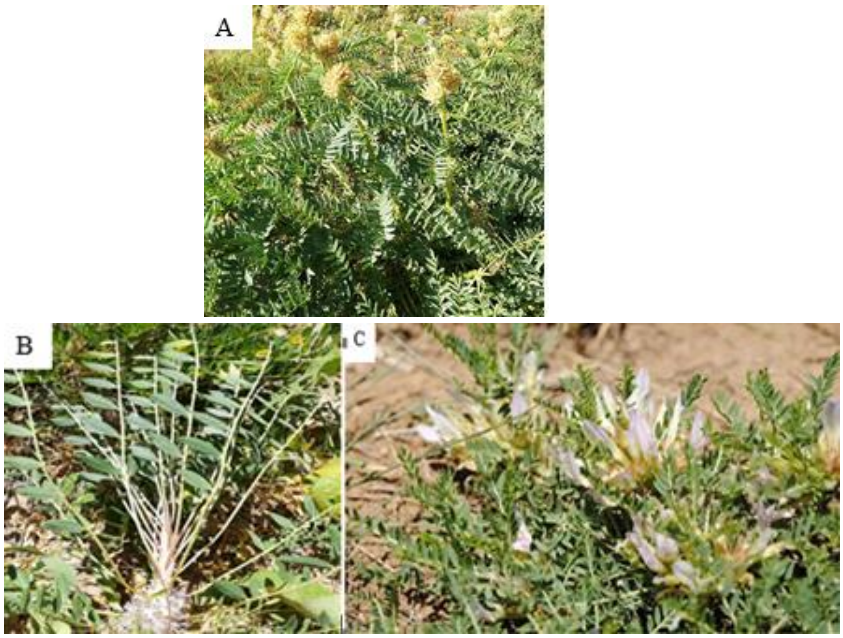
farmakolojik aktivite gösterir (12). Fabaceae ailesine mensup olan bu cinsin, ülkemizde 450 kadar türü bulunmaktadır. Bunlardan yaklaşık 224'ünün endemik olduğu bildirilmiştir (13).

Bitkilerin tedavi edici özelliklerinin araştırılarak açığa çıkarılması önem arz etmektedir. *Astragalus* cinsine ait birçok türün, sahip oldukları çeşitli biyoaktif bileşikler sayesinde hastalıkların tedavisinde etkileri oluğu bilinmektedir. Van, *Astragalus* üyelerinin yayılış gösterdiği bir ildir. Bu nedenle bu çalışmada Van ilinde yayılış gösteren ve tıbbi etkileri olduğu düşünülen endemik *Astragalus gymnalopecias, Astragalus longifolius ve Astragalus cryptocarpus* türlerinin yapraklarından elde edilen hidrometanol ekstrelerinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki Materyalleri

Astragalus gymnalopecias ve *Astragalus longifolius* Van'ın Bahçesaray ilçesinde, *Astragalus cryptocarpus* ise Van'ın Çatak ilçesinde, türlerin endemik olması göz önünde bulundurularak olabildiğince titizlikle toplandı. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Herbaryumu'na getirildi. Tür teşhisi Prof. Dr. Fevzi Özgökçe tarafından yapıldı. Burada bitkilerin herbaryum örnekleri alınarak kayıt numarası verildi (Görsel 1, Çizelge 1).



Görsel 1. Bitki materyallerinin arazi görüntüleri. A) *A. gymnalopecias* B) *A. longifolius* C) *A. cryptocarpus*

Çizelge 1. Bitki materyallerinin herbaryum kayıt numaraları

2.2 Bitki Materyallerinin Kurutulması ve Öğütülmesi

Teşhis edilen bitki materyali bir kurutma kâğıdı üzerinde direk güneş ışığına maruz bırakılmadan gölgede hava ile kurutma yöntemi ile kurumaya bırakıldı. Daha sonra bir öğütücü yardımıyla öğütüldü ve ekstraksiyon işlemi için hazır hale getirildi. Kullanılıncaya kadar -20°C'de muhafaza edildi.

2.3 Toplanan *Astragalus* Türlerinin Yaprak Ekstrelerinin Hazırlanması

Bitkilerin yaprak kısımları öğütücüde toz haline getirildikten sonra özütleme işlemine tabi tutuldu. Toz haline getirilmiş örnekler koyu bir şişeye aktarıldı. Üzerlerine ağırlıklarının 10 katı kadar hekzan eklendi ve 40° C ve 650 rpm'e ayarlanmış bir manyetik karıştırıcıda 6 saat boyunca inkübasyona bırakıldı. Süre sonunda hekzan, bir filtre kağıdı ile farklı şişelere süzüldü. Ardından kalan posanın üzerine (50:50 oranında) su ve metanol ilave edildi. 48 saat boyunca inkübasyona bırakıldı. Süre sonunda hidrometanol yaprak ekstreleri başka şişeler süzüldü. Bu süzüntü evapore edilerek metanol uzaklaştırıldı. Kalan yoğunlaştırılmış ekstreler 7 ml olacak şekilde falkon tüplere bölüştürüldü. 50 ml'lik falkon tüpler içerisinde bir gece 80°C de bırakıldı. Ertesi gün liyofilizatörde kurutma işlemi gerçekleştirildi. Liyofilize yaprak ekstreleri toplam fenol ve flavonoid analizleri yapılıncaya kadar -20°C'de muhafaza edildi.

2.4 Toplam Fenolik Madde İçeriğin Belirlenmesi

Bitki

Bitki türleri	Herbaryum kayıt no	Toplandığı yer	Durum
A. gymnalopecias	15513	Bahçesaray, Van	Endemik
A. longifolius	16274	Bahçesaray, Van	Endemik
A. cryptocarpus	16271	Çatak, Van	Endemik

ekstrelerinde bulunan toplam fenolik madde içerikleri, Singleton ve Rossi'nin (1965) uyguladığı yöntemin modifiye şekline göre belirlendi (14). Standart olarak gallik asit kullanıldı. Ekstre ve standartlarda 20 µl, 96 kuyucuklu plakalara koyuldu. Bunun üzerine 20 µl folin reaktifi eklenerek pipetaj yapıldı. Ardından üzerlerine 80 µL %10'luk sodyum karbonat ve 80 µl dH_2O eklendi ve oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dk. kadar bekletildi. Süre sonunda örneklerin absorbansları 750 nm de okundu. Gallik asit ile oluşturulmuş standart kalibrasyon

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

eğrisi kullanılarak her 1 mg özüt içinde bulunan toplam fenolik içerik belirlendi. Her bir test en az üç kez tekrar edildi.

2.5 Toplam Flavonoid Madde İçeriğin Belirlenmesi

Toplam flavonoid miktarları, Zhishen ve arkadaşlarının (1999) modifiye edilmiş yöntemine göre belirlendi (15). Toplam flavonid madde içeriğinin belirlenmesin standart olarak kateşin kullanıldı. Farklı konsantrasyonlarda kateşin ve değişik konsantrasyonlarda bitki ekstreleri kullanıldı. 80 µl dH_2O içeren 96 kuyucuklu plakalara, standart ve örneklerden 20 µl eklendi. Bunun üzerine %5'lik $NaNO_2$'den 6 µl, 5 dk sonra 10 % $AlCl_3$'ten 6 µl ilave edildi. 6 dk. Sonra ise 1 M NaOH'ten 40 µl ilave edildi ve toplam hacim dH_2O ile 200 µl'ye tamamlandı. 510 nm"de absorbans değerleri elde edildi. Toplam flavanoid içeriği 1 mg özüt içerisindeki flavanoid miktarı olarak, kateşin standart grafiğine göre hesaplandı. Her bir test en az üç kez tekrar edildi.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bitki materyallerinin hidrometanol yaprak ekstrelerinin % verimleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Verimler sırasıyla, %19.088, %26.425 ve %27.962 g/g bulunmuştur.

Çizelge 2. Bitki ekstrelerinin % verim oranları

	Bitki materyali	% verim
Hidrometanol yaprak ekstresi	*A gymnalopecias*	%19.088
	A. longifolius	%26.425
	A. cryptocarpus	%27.962

Yaprakların hekzan özütleri de alınmış olup, çalışmada kullanılabilecek miktarda verim elde edilemediğinden çalışmaya hidrometanol ektreleri üzerinden devam edilmiştir. Ekstre verimleri %19.088 - %27.962 arasında belirlenmiştir. En yüksek verim *A. cryptocarpus* yaprağında, en düşük verim ise *A. gymnalopecias* yaprağında tespit edilmiştir. Çizelge 2' görüldüğü gibi % veriler, bitkiler arasında farklılık göstermiştir. Bu durum, bitkilerin farklı alanlardan, farklı zamanlarda toplanması ve farklı türler olmalarından dolayı fitokimyasal bileşenlerinin farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Bitki ekstrelerinin çeşitli biyolojik etkileri, zengin fitokimyasal bileşimlerinden kaynaklanmaktadır (16). Antioksidan aktivitelerin gerçekleşmesinde bu fitokimyasalların önemli rolleri vardır. Bitkilerin antioksidan özellikleri, sahip oldukları fenolik ve flavonoid bileşenlerden kaynaklanır (17). Flavonoidler, önemli antioksidan özelliklere sahip, geniş bir

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

fenolik bitki kimyasal grubunu temsil etmektedir. Bu bileşikler, tohumlardan meyvelere, sebzelerden kabuk, yaprak ve çiçeklere kadar pek çok bitki kısmında yaygın bir şekilde bulunurlar (18).

Mevcut çalışmada bitki ekstrelerinin toplam fenolik madde içerikleri Singleton ve Rossi tarafından 1965 yılında geliştirilen ve mikro düzeyde modifiye edilerek uygulanan bir yöntemle belirlendi. Etkili bir fenolik bileşik olan gallik asit, standart olarak kullanıldı. Yaprak ekstrelerinin toplam fenolik madde miktarları, gallik asitten hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre (*A. gymnalopecias* için y = 0,0051x, R^2 = 0,993, *A. longifolius* için, y = 0,007x, R^2 = 0,999 ve *A. cryptocarpus* için y = 0,007x, R^2 = 0,999) hesaplandı. Fenolik madde içerikleri *A. gymnalopecias, A. longifolius* ve *A. cryptocarpus* bitkileri için sırasıyla 204.57 ± 2.61, 612.2±3.2 ve 1066 ± 6.3 µg GAE/mg kuru ekstre bulundu (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bitki ekstrelerinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri

Ekstre	Bitki materyalleri	TFM (µg GAE/mg)	TFC (µg CE/mg)
Yaprak ekstresi	*A. gymnalopecias*	204.57 ± 2.61	927.77 ± 2.77
	A. longifolius	612.2±3.2	382.03±0.9
	A. cryptocarpus	1066 ± 6.3	561.7± 2.9

TFM (Toplam fenolik madde), TFC (kateşin eşdeğeri toplam flavonoid madde)

Elde edilen sonuçlara göre *A. cryptocarpus*'un diğer bitki türlerine göre daha yüksek fenolik içeriğe sahip olduğu söylenebilir.

Bitki ekstrelerinin toplam flavonoid madde içerikleri, Zhishen ve ark. (1999) modifiye yöntemine göre belirlendi ve standart olarak kateşin kullanıldı. Yaprak ekstrelerinin toplam flavonoid madde miktarları, kateşin ile hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre (*A. gymnalopecias* için y = 0,0014x, R^2 = 0,999, *A. longifolius* için, y = 0,0003x, R^2 = 0,997 ve *A. cryptocarpus* için y = 0,0003x, R^2 = 0,986) hesaplandı. Flavonoid madde içerikleri *A. gymnalopecias, A. longifolius* ve *A. cryptocarpus* bitkileri için sırasıyla 927.77 ± 2.77, 382.03±0.9 ve 561.7± 2.9µg CE/mg kuru ekstre bulundu (Çizelge 3). Elde edilen sonuçlara göre, *A. gymnalopecias*'ın diğer bitki türlerine göre daha yüksek flavonoid içeriğe sahip olduğu tespit edildi.

Comlekcioglu vd. (2024), yapmış oldukları bir çalışmada A. angustifolius'un metanollü yaprak ekstresinin toplam fenolik ve flavonod madde içeriklerini sırasıyla 15.15 mg GAE/g kuru ekstre ve 8.70 µg QE/g kuru ekstre bulmuşlardır (19). Başka bir çalışmada *Astragalus gymnolobus*'un metanollü yaprak ekstresinin toplam fenolik ve flavonod madde içerikleri sırasıyla 374.41±14.37 (mg GAE/g) ve 66.85±3.49 (mgQE/g) bulunmuştur (20). Farklı bir çalışmada ise *Astragalus ponticus*'un metanollü yaprak ekstresinin toplam fenolik ve flavonod madde içerikleri sırasıyla 26.34±0.50 mg GAE/ g ve 49.13±0.51 mg REs/g ekstre bulunmuştur (21). Bu çalışmalar ile mevcut çalışmamız arasında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu farklılıklar bitki türlerinin farklı miktarlarda etken madde içermelerinden, bitkilerin yetişme koşullarından

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

ve/veya toplanma zamanlarından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca farklı çözücülerin kullanılması da bitki ekstrelerindeki madde içeriklerinin farklı olmasına neden olabilir.

Kähkönen vd. (1999), fenolik bileşikler ve flavonoidlerin en çok bitkinin çiçek ve yaprak kısımlarında olduğunu bildirmişlerdir (22). Çalışmamızda Van ilinde yayılış gösteren üç endemik türün yaprak kısımlarının, yüksek toplam fenolik ve flavonoid içeriğe sahip olduğu gösterilmiştir. Van ilinde yayılış gösteren farklı *Astragalus* türlerinin meyve ve tohum kısımlarından elde edilen ekstrelerin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri incelenmiş ve bu fitokimyasal bileşiklerin mevcut çalışmada kullanılan yaprak ekstrelerinden daha düşük olduğu görülmüştür(23). *Astragalus davisii* tohumunun liyofilize su ekstresinin toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinin incelendiği çalışmada toplam fenolik ve flavonoid içerik sırasıyla 34.52±0.04 µg GAE/mg ve 7.71±0.05 µg CE/mg bulunmuştur (24). Farklı bir çalışmada ise *A. davisii* meyvesinin hidrometanol ekstresinin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri sırasıyla 108.04 ve µg GAE/mg ve 33.33 µg CE/mg bulunmuştur (25). Elde edilen bu veriler *Astragalus* türlerinin yaprak kısımlarının daha yüksek fenolik ve flavonoid içeriğe sahip olduğunu göstermektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bitkilerin doğal bileşenleri arasında yer alan fenolik bileşikler ve flavonoidlerin antioksidan etkileri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu doğal bileşenler, serbest radikal oluşumunu azaltma ve farklı serbest radikalleri temizleme yetenekleri sayesinde önemli antioksidanlar olarak tanınmaktadır. Bitkilerde bulunan ve biyolojik olarak aktif olan bu bileşikler, antioksidan aktivitelerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle fenoller, hidroksil grupları aracılığıyla radikalleri etkili bir şekilde temizleyerek antioksidan aktiviteye katkıda bulunan önemli bileşenlerdir (26, 27 ve 28).

Mevcut çalışmamızda Van ilinde yayılış gösteren üç endemik türün toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarları incelenmiştir. Literatürde çalışmada kullanılan endemik *A. gymnalopecias, A. longifolius* ve *A. cryptocarpus* türlerinin yaprak ekstreleri ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Çalışmamız bu yönüyle literatür için özgün bir çalışma niteliğindedir. Çalışmada kullanılan türlerin yüksek toplam fenolik ve flavonoid içeriğe sahip olması, yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduklarını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, bu bitkilerin tıbbi olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olabileceğini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü FDK-2023-10552 No'lu proje, Yöktez'de bulunan 777023 ve 749884 numaralı tezden yapılmıştır. Desteklerinden dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Hakverdi, A. E., & Yiğit, N., Yozgat-Akdağmadeni yöresinde bulunan bazı tıbbi ve aromatik bitkiler. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(2), 82-87., 2017.

2. Göktaş, Ö., Gıdık, B., Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 145–151, 2019.
3. Singh, G., Passari, A. K., Momin, M. D., Ravi, S., Singh, B. P., & Kumar, N. S. , Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the management of cancer and diabetes. Journal of Traditional Chinese Medicine, 40(6), 2020.
4. Shinde, A., Ganu, J., & Naik, P. , Effect of free radicals & antioxidants on oxidative stress: a review. Journal of Dental and Allied Sciences, 1(2), 63, 2012.
5. Kolaç, T., Gürbüz, P., & Yetiş, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 5(1), 26-42.
6. Zheng, Y. Z., Deng, G., Zhang, Y. C., Multiple free radical scavenging reactions of flavonoids. Dyes and Pigments, 198, 109877, 2022.
7. Koca, N., & Karadeniz, F., Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve vücuttaki antioksidan savunma sistemleri. Gıda Mühendisliği Dergisi, 16(2), 36-37, 2003.
8. Fridovich, I. , Superoxide dismutases. Annual review of biochemistry, 44(1), 147-159, 1975.
9. Deveci, H. A., Nur, G., Ali Kırpık, M., Harmankaya, A., Yıldız, Y., Fenolik bileşik içeren bitkisel antioksidanlar. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 26-32.
10. Atınç, M., & Kalkan, İ. (2018). Flavonoidler ve sağlık üzerine etkileri. Aydın Gastronomy, 2(1), 31-38, 2016.
11. Li, X., Qu, L., Dong, Y., Han, L., Liu, E., Fang, S., ... & Wang, T. (2014). A review of recent research progress on the astragalus genus. Molecules, 19(11), 18850-18880.
12. Abdallah, W. E., Abdelshafeek, K. A., Elsayed, W. M., AbdelMohsen, M. M., Salah, N. A., & Hassanein, H. D., Phytochemical and biological investigation of Astragalus Caprinus L. BMC complementary medicine and therapies, 24(1), 294, 2024.
13. Başbağ, M., Kavak, B., Fırat, M., Çaçan, E., & Sayar, M. S. *Türkiye florasında yer alan endemik Astragalus taksonları*. In International Congress on Agriculture on Animal Sciences, November, Alanya, Turkey, 2018, November.
14. Singleton, V.L., Rossi, J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158, 1965.
15. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food chemistry, 64(4), 555-559, 1999.
16. Hosseinzadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A., & Armand, R. The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of Thymus vulgaris. International Journal of Clinical Medicine, 6(9), 635-642, 2015.
17. İşbilir, Ş. S., & Çelik, E., Edirne ilinde yetişen dut ağacı yapraklarının antioksidan ve antidiyabetik aktivitesi üzerine bir çalışma. Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 7(3), 319-332, 2021.
18. Ebegboni, V. J., Dickenson, J. M., & Sivasubramaniam, S. D. ,Antioxidative effects of flavonoids and their metabolites against hypoxia/reoxygenation-induced oxidative stress in a human first trimester trophoblast cell line. Food chemistry, 272, 117-125, 2019.
19. Comlekcioglu, N., Aygan, A., Sevindik, M., & Comlekcioglu, U. , Comparative analysis of phytochemical properties of extracts obtained from flowers and leaves of Astragalus angustifolius collected from different locations. Prospects in Pharmaceutical Sciences, 22(3), 62-68, 2024.
20. Aydemir, E., Odabaş Köse, E., Yavuz, M., Kilit, A. C., Korkut, A., Özkaya Gül, S., ... & Göktürk, R. S., Phenolic Compound Profiles, Cytotoxic, Antioxidant, Antimicrobial

ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

Potentials and Molecular Docking Studies of Astragalus gymnolobus Methanolic Extracts. Plants, 13(5), 658, 2024.
21. Arumugam, R., Kirkan, B., Sarikurkcu, C., Phenolic profile, antioxidant and enzyme inhibitory potential of methanolic extracts from different parts of Astragalus ponticus Pall. South African Journal of Botany, 120, 268-273, 2019.
22. Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. , Antioxidant Activity Of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 47(10), 3954-3962, 1999.
23. Kartal, D. İ., Neşe, E. R. A. Y., & Öztürk, F., Van İlinin Çaldıran İlçesinde Yetişen Bazı Tıbbi Bitkilerin Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde Miktarlarının Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(3), 611-616, 2020.
24. Kartal, D. İ., & Yaren, Z., Endemik Astragalus davisii (Fabaceae) Tohumunun Liyofilize Su Özütünün Antioksidan Aktivitesi. International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 7(3), 208-217, 2024.
25. Yaren, Z., & Kartal, D. İ., Van İli'nde Yayılış Gösteren Astragalus davisii Chamb. & Matthews (Erek Geveni) Ekstresinin Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid İçeriklerinin Belirlenmesi: Araştırma Makalesi. Europeanatolia Health Sciences Journal, 2(2), 35-43, 2024.
26. Wink, M., Functions of plant secondary metabolites and their exploitation in biotechnology (Vol. 3). Taylor & Francis, 1999.
27. Keskin, C., *Astragalus diphtherites fenzl var. diphtherites ve Astragalus gymnalocepias rech (fabaceae) taksonlarının farklı polariteye sahip çözücüler ile hazırlanan özütlerinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin araştırılması*, Doktora tezi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2009
28. Selen İşbilir, Ş., *Yaprakları salata-baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelenmesi*, Doktora tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2008.

EGE 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 26 – 30, 2024 - IZMIR
ISBN NR. : 978-625-5962-10-2

SAKSILI SÜS BİTKİLERİNDE BÜYÜMEYİ GECİKTİRİCİ UYGULAMALAR

Arş. Gör. Melek DEMİREL[1]
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
melek.demirel@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-8477-1122

Prof. Dr. Rezzan KASIM
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
rkasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-2279-4767

Prof. Dr. M. Ufuk KASIM
Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
mukasim@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-2976-7320

ÖZET

Estetik ve ekonomik değerleri nedeniyle, iç mekân ve dış mekân kullanım amaçlı saksılı süs bitkilerinin üretimi zamanla artmakta ve dünya çapında önemli bir değer taşımaktadır. Bu nedenle, saksılı süs bitkilerinin üretiminin artırılması, iç ve dış pazarlarda iyi bir değer kazanması için gelişiminin erken aşamasından başlayarak bitkinin yaşamı boyunca doğru yönetim uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Saksılı süs bitkilerinde bitkinin istenen boyutta tutulması için yapılan uygulamalar büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamalar, bitkilerin uygun boyutlardaki saksılara dikilerek kök gelişimini ve dolayısıyla bitkinin kök sistemini sınırlayarak besin alımının azaltılması ve/veya bitki büyümesini geciktirici kimyasallar kullanarak bitki büyüme faaliyetlerinin sınırlandırılması ve bu sayede bitkilerin yüksekliğinin istenen boyutta tutulmasıdır. Farklı araştırma çıktıları, daha büyük saksı boyutunun bitkinin daha uzun büyümesine izin verdiğini, daha küçük saksı boyutunun ise bitkilerin yüksekliğini sınırladığını doğrulamıştır. Ayrıca farklı konsantrasyonlarda bitki büyüme düzenleyici kimyasalların kullanılması gövde uzamasında rol oynayan hormonların aktivitesini engelleyerek süs bitkilerinin gövdedeki boğum arası uzamasını azaltmıştır. Tüm bu noktaları göz önünde bulundurulduğunda, bu derlemede ticari kullanım için saksılı süs bitkileri üzerinde saksı boyutlarının ve bitki büyümesini geciktirici kimyasalların etkilerini tartışmayı amaçlamıştır.

[1] Sorumlu yazar

Anahtar Kelimeler: Süs bitkileri, Saksılı süs bitkileri, Saksı boyutu, Bitki büyümesini geciktirici kimyasallar

1.GİRİŞ

Saksılı süs bitkilerinin üretimi, bahçecilik sektörünün hızla gelişen bir alanıdır (Allegra ve ark., 2019). Saksılı süs bitkileri, estetik açıdan yaşam alanlarına değer katarken, iç ve dış mekanların daha yaşanabilir ve çekici olmasını sağlar. Ekonomik açıdan, süs bitkileri sektörü büyük bir gelir kaynağı oluşturur ve istihdam yaratır. Ayrıca, bu bitkiler çevresel faydalar sunar; iç mekan hava kalitesini artırabilir, nem seviyesini düzenleyebilir ve karbon emilimi sağlamaktadır. Saksılı süs bitkilerinde büyümenin kontrol edilmesi, özellikle ticari üretimde, bitkilerin estetik görünümlerinin korunmasını sağlar. Bu sayede bitkilerin raf ömrü uzatılır, daha kompakt ve çekici bir yapıya sahip olmaları sağlanır. Ayrıca, bakım kolaylığı ve mekansal sınırlamaları olan yerlerde kullanım avantajı sunar. Büyümeyi geciktirici uygulamalar, bitki büyüme hızını sınırlayan, genellikle kimyasal ya da mekanik yöntemleri içerir. Bu uygulamalar, bitkilerin genel görünümünü ve dayanıklılığını iyileştirmeyi, ticari değerini artırmayı ve çevresel faktörlere uyum sağlamayı hedefler.
Bitki büyüme düzenleyicileri (PGR'ler), sentetik olarak üretilen ve bitkilerin veya bitki kısımlarının büyümesini değiştirmek için kullanılan organik moleküllerden oluşur. Bitki büyümesini hızlandırma veya geciktirme yeteneğine sahiptirler. Bitki bünyesinde üretilen hormon fitohormon olarak adlandırılmaktadır. Fitohormon, bitkilerde doğal olarak üretilen, üretim yerinden uzak bir yerde büyümeyi veya diğer fizyolojik işlevleri kontrol eden ve çok az miktarda aktif olan organik bir madde olarak tanımlanmaktadır.

2.BÜYÜME DÜZENLEYİCİ MADDELER (GROWTH RETARDANTS)

Bol çiçeklenme ve kompakt büyüme, saksılı süs bitkilerinin çekiciliğini belirler. Kompakt büyüme için yükseklik kontrolü çok önemlidir. Günümüzde büyüme düzenleyici uygulaması çiçekçilik endüstrisinde temel bir uygulama haline gelmiştir. Bitki büyüme geciktiriciler, yetiştiriciler tarafından gövde boğum arası uzunluğunu istenen seviyede sınırlamak ve çiçeklenmeyi hızlandırmak için kullanılmaktadır. Bitki büyüme geciktiriciler, gelişimsel kalıpları değiştirmeden bitkilerin sürgün uzunluğunu istenen şekilde geciktirmek için kullanılan ve fitotoksik olmadan bitkilerin sürgün uzunluğunu istenilen şekilde azaltmak için kullanılan sentetik bileşiklerdir (Rajiv ve ark., 2018). Bu, öncelikle hücre uzamasını ve hücre bölünme hızını azaltarak elde edilir. Bitkilerin morfolojik yapısı üzerindeki etkilerinde, büyüme geciktiriciler, sürgün uzamasından birincil olarak sorumlu olan bitki hormonları olan gibberellinlere (GA'lar) ve oksinlere karşı antagonistiktir. Süs bitkilerinin ve tüplü fidanların kalitesi genellikle onları minimal boyutlarda tutarak iyileştirilir, bu da üretim için seradaki gerekli alanı da azaltmaktadır.

2.1.Paclobutrazol

Paclobutrazol, triazol ailesine aittir. Bu bileşik, GA sentezini engelleyerek ve etilen üretimini azaltarak izoprenoid yolunu etkileyerek bitki büyümesini düzenler. Bitkileri

soğuma, su kıtlığı, su baskını ve tuzluluk gibi çeşitli abiyotik stres türlerine karşı korur. Su içeriğinin, membran stabilitesinin, fotosentetik aktivitenin ve fotosentetik pigmentlerin korunmasına yardımcı olur. Saksıda yetiştirilen süs bitkilerinin değeri, güçlü ve düz bir gövdeye, yoğun taç ve bol çiçeklenmeye bağlıdır. Bu nedenle saksı bitkilerinin istenilen şekil ve formda elde edilmesinde paclobutrazol kullanımı önem kazanmaktadır. Uygulama tekniğinin, büyüme geciktiricinin mahsul üzerindeki etkinliği üzerinde büyük etkisi vardır. İstenen etkiyi elde etmek için yalnızca etkili konsantrasyonun bilinmesi, aynı zamanda en etkili uygulama yönteminin de doğru tespit edilmesi gerekir.

Chen-Li Yun ve diğerleri (2004) 'King Ixora' bitkilerini farklı dozlarda paclobutrazol ve uniconazol konsantrasyonlarıyla uygulamışlardır. Paclobutrazol (100 ppm) ve uniconazole'ün (150 ppm) optimum konsantrasyonunun bitki boyunu ve çiçek salkımının çapını azalttığını ve böylece saksı bitkilerinin süs kalitesini iyileştirdiğini buldular. Ayrıca, bitkiler bu kimyasalların uygulanması nedeniyle erken çiçeklenme kaydettiler.

Abou-Dahab ve Habib (2005), *Barleria cristata*'da paclobutrazol ile uygulanan 400 ppm uygulamasının bitki boyunu azalttığını ve yan sürgün sayısını ve gövde çapını artırdığını gözlemlemiştir. Ayrıca, paclobutrazolün 200 ppm'de uygulanmasının ve uç almanın çiçek sayısını ve çiçeklenme süresini artırdığını bildirmişlerdir.

Bhardwaj ve diğerleri (2020), benzil adenin ve paclobutrazolün *Barleria cristata*'nın büyümesi ve çiçeklenmesi üzerindeki etkisini inceledi ve 200 ppm'de paclobutrazolün bitki başına maksimum yan filiz, bitki başına yaprak, bitki başına çiçek salkımı, salkım başına çiçek ve çiçeklenme süresi ile sonuçlandığını bildirdi. Ancak, optimum saksı sunulabilirliği, bitki boyu ve bitki yayılımı elde etmek için 100 ppm'de paclobutrazol kullanıldı.

Chauhan ve diğerleri (2020), krizantem cv. Dolly beyazının çeşitli paclobutrazol (30, 60, 90 ve 120 ppm) ve daminozid (250, 500, 750 ve 1000 ppm) konsantrasyonlarına verdiği tepkiye göre vejetatif özelliklerini araştırmış ve en kısa bitkiler, 120 ppm paclobutrazol uygulanan bitkilerde gözlemlenmiştir.

2.2. Chlormequat Chloride (CCC)

Cycocel, süs bitkileri, dikime hazır fideler ve otsu bitkiler dahil olmak üzere birçok süs bitkisinde bitki büyüme düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır. Cycocel ürünün estetik çekiciliğini artırır ve üretim sonrası nakliye ve taşıma sırasında dayanıklılığı artıröaktadır. İşlem görmüş ürünler daha kısa boğum araları, daha güçlü gövdeler ve daha yeşil yapraklarla daha kompakttır. Cycocel %11,8 klormekuat (2-kloroetil) trimetil amonyum klorür içermektedir. Optimum Cycocel oranı, uygulama zamanlaması ve sıklığı farklı mahsuller için farklılık göstermektedir.

Sasikumar ve ark., (2015), Afrika kadife çiçeği üzerinde uç alma ve büyüme geciktiricilerin etkilerini araştırdıkları çalışmada, 1000 ppm, 1500 ppm ve 2000 ppm'de Cloromequat klorür (CCC), 500 ppm, 1000 ppm ve 1500 ppm'de Malik hidrazit (MH) ve 500 ppm, 750 ppm ve 1000 ppm'de Alar (B-nine) gibi büyüme geciktiriciler kullanılmıştır.

Minimum bitki boyu, maksimum bitki yayılımı, maksimum dal sayısı, uzun çiçeklenme dönemi, bitki başına daha fazla çiçek sayısı, daha fazla çiçek çapı ve maksimum raf ömrü, 2000 ppm'de CCC ile kaydedilmiştir.

Moon ve ark., (2017), uç alma ve cycocel'in gaillardia'nın verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiş ve 1000 ppm'de püskürtülen cycocel'in (CCC) en yüksek çiçeklenme sayısı, çiçek ağırlığı, çiçek uzunluğu, çiçek ömrü, bitki başına verim ve raf ömrü ile sonuçlandığını gözlemlemiştir.

Sikarwar ve Vikram (2017), bitki büyümesini geciktiricilerin; CCC, Ethephon ve MH'nin Afrika kadife çiçeğinin (*Tagetes erecta*) büyümesi ve çiçek verimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır ve CCC' nin 1100 ppm' de uygulanmasının minimum bitki boyuyla sonuçlandığını ve bitki başına dal sayısını, bitki başına yaprak sayısını, çiçeğin sap uzunluğunu, çiçek çapını ve hektar başına çiçek verimini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir.

Çizelge 1. Süs bitkileri için piyasada bulunan sentetik büyüme düzenleyicileri.

Aktif Bileşikler	Ticari İsimler	Başlıca Etkileri	Refesanslar
Ancymidol	A-Rest, Abide	Bitki büymesini kontrol etme	Bailey ve Whipker, 1998; Whipker, 2013
Daminozide Bailey and	B-Nine, Compress, Dzide	Bitki büymesini kontrol etme	Whipker, 1998; Whipker, 2013
Uniconazole	Sumagic, Concise	Bitki büymesini kontrol etme	Bailey ve Whipker, 1998; Whipker, 2013
Chlormequat chloride	Citadel, Cycocel	Bitki büymesini kontrol etme	Bailey ve Whipker, 1998; Whipker, 2013
Paclobutrazol	Bonzi, Downsize, Paczol, Piccolo	Bitki büymesini kontrol etme	Bailey ve Whipker, 1998; Whipker, 2013
Flurprimidol	Topflor	Bitki büymesini kontrol etme	Whipker ve ark., 2003

3. SAKSI BOYUTU VE MALZEMESİ

Saksılı süs bitkilerinin büyüme hızı, birçok faktör tarafından etkilenir ve saksı boyutu ile çeşidi bu faktörlerin başında gelmektedir. Saksının boyutu, bitkinin kök gelişimini doğrudan etkiler. Daha geniş ve derin bir saksı, köklerin daha fazla alan kaplayarak su ve besin maddelerine ulaşmasına olanak tanır. Ancak, aşırı büyük saksılar, köklerin daha fazla çalışma alanına sahip olmasına rağmen, kök çürümesine neden olabilecek fazla nem birikmesine yol açabilir. Bu nedenle, saksı boyutunun bitkinin türüne uygun olarak seçilmesi oldukça önemlidir.

Saksının malzemesi ve türü de bitkinin büyüme hızını etkileyen bir başka önemli faktördür. Plastik saksılar genellikle hafif ve ucuzdur, ancak bu saksıların su tutma oranı düşüktür. Terakota veya seramik saksılar ise suyun daha uzun süre tutulmasını sağlar, bu da bitkinin gerektiği suyu almasına yardımcı olur. Ancak, bu tür saksılar, suyun buharlaşmasını azaltmanın yanı sıra köklerin oksijen alımını da etkileyebilir. Bitki çeşitleri ile uyumlu saksı seçimleri yapmak, büyümeyi yavaşlatmak veya hızlandırmak için stratejik bir yaklaşım sunar.

Büyümeyi geciktirmek amacıyla, saksı boyutu ile bitkinin çeşit özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, bazı bitkiler daha az su ve besinle daha iyi gelişirken, diğerleri için bu durum tam tersi olabilir. Dolayısıyla, doğru saksı boyutu ve malzemesi seçmek, bitkinin sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlarken, istenen büyüme hızını da kontrol altına alınmasını sağlamaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Süs bitkilerinde büyümeyi geciktirici uygulamalar hem ticari üretimde kaliteyi artırmak hem de bitkilerin estetik görünümünü korumak amacıyla sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Büyümeyi geciktirmenin temelinde, bitkilerin su, ışık, besin ve fiziksel çevre gibi faktörlere olan tepkilerini düzenleyerek istenen gelişim hızını kontrol altına almak vardır. Bu bağlamda, birkaç önemli uygulama ve bunların etkinliği üzerine yapılan literatür taraması, bazı sonuçları ve önerileri ortaya koymaktadır.

İlk olarak, bitkilerin hormon dengesi üzerinde etkili olan bitki büyüme düzenleyicileri önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle gibberellin inhibe edici maddeler, bitkilerin uzama hızını yavaşlatmada etkilidir. Kristalize gibberellin asidi gibi hormonların kullanımının, bazı süs bitkilerinin boyunun kontrol edilmesine yardımcı olduğu gösterilmiştir (Son ve ark., 2011). Ancak, PGR kullanırken dikkatli olunmalıdır; aşırı kullanım bitkinin genel sağlığını olumsuz etkileyebilir.

İkinci olarak, su yönetimi de büyümeyi geciktirmek için etkili bir yöntemdir. Bitkilere az miktarda su vermek, kök gelişimini yavaşlatarak bitkinin dikim sonrası daha uzun süre sağlıklı kalmasını sağlamak açısından önemlidir.

Ayrıca, ortam sıcaklığının etkisi büyümeyi kontrol etmede dikkate alınması gereken bir diğer faktördür. Soğuk ortam sıcaklıkları, bitkilerin metabolizmasını yavaşlatarak büyümeyi etkili bir şekilde geciktirebilir. Literatürde, düşük sıcaklık uygulamalarının bitki büyüme hızındaki azalma ile doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir (Yang et al., 2018).

Sonuç olarak, süs bitkilerinde büyümeyi geciktirici uygulamalar, bitkilerin sağlık durumu ve gelişimi dikkate alınarak dikkatlice planlanmalıdır. Bitki büyüme düzenleyicileri, su yönetimi ve ortam sıcaklığı gibi faktörler, bu hedefe ulaşmada etkili stratejiler sunmaktadır.

Gelecekte, bu yöntemlerin daha da optimize edilmesi ve yeni teknolojilerin entegrasyonu ile sürdürülebilir ve etkili büyüme kontrol yöntemleri geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

1. Abou-Dahab, T. A. M., & Habib, A. M. A. Production of Barleria cristata L. as a dwarf flowering pot plant. (2005).
2. Ahmed, M., et al. "The Role of Ethephon in Enhancing Stem Rigidity in Gerbera." International Journal of Floriculture, 10(2), 67-74. (2021).
3. Allegra, V., Zarbà, A. S., & Muratore, F. The ornamental potted plants: Circular economy in agriculture. Calitatea, 20(S2), 7-12. (2019).
4. Bhardwaj, H., Thakur, P., Dhiman, S. R., Gupta, Y. C., Dilta, B. S., Thakur, A., & Chandel, R. Benzyl adenine and paclobutrazol coupled with shoot decapitation affects growth and flowering in Barleria cristata L.'Alba'. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(02), 2007-2017. 2020
5. Boodley, J. W., & Sheldrake, R. *Greenhouse Engineering*. Norton Press. (2013).
6. Chen LiYun, C. L., Chu ChienYoung, C. C., & Huang MinChang, H. M. Effect of paclobutrazol and uniconazole on growth and flowering of Ixora duffii'King Ixora'as potted plant. (2004).
7. Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davis, F. T., & Geneve, R. L. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall. (2011).
8. Jeong, W.E. and Ryong, J.B. Effect of plant growth retardants on the growth characteristics of potted spathiphyllum in an ebb and flow system. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 25(4): 443-450. 2007.
9. Jones, R., et al. "Flowering Continuity in Petunia hybrida under Paclobutrazol Treatments." Plant Growth Studies, 37(2), 89-101. (2018).
10. Martinez, R., & Lopez, S. "Pot Size Influence on Growth Dynamics of Anthurium sp." Journal of Horticultural Science, 42(3), 145-153. (2020).
11. Rajiv, G., Jawaharlal, M., Subramanian, S., Sudhakar, D., & Uma, D. Effect of plant growth retardants on the growth and flowering of nerium (Nerium oleander L.) Cv. Red. Chemical Science Review and Letters, 7(28), 875-879. (2018).
12. Russell, G. *Understanding Potting Media for Container Grown Plants*. Horticultural Reviews. (2016).
13. Sasikumar, K., Baskaran, V., & Abirami, K. Effect of pinching and growth retardants on growth and flowering in African marigold cv. Pusa Narangi Gainda. Journal of Horticultural Sciences, 10(1), 109-111. (2015).
14. Smith, J., et al. "Effect of Paclobutrazol on Growth Retardation of Ficus benjamina." Journal of Plant Regulation, 45(3), 123-130. (2020).
15. Wang, L., et al. "Impact of Chlormequat Chloride on Flower Size in Lilium Species." Horticultural Science Review, 58(1), 45-52. (2019).